

**Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна**

# ***Екологія***

Методичний посібник для проведення лабораторних робіт

Харків 2014

УДК 613 : 577.118 : 616 – 074 (075.8)  
ББК 51.204.Оя73  
М 59

Укладачі:

Коновалова О. О., Андрейко Г. П.

**Екологія: методичний посібник для проведення лабораторних робіт / [укл. О. О. Коновалова, Г. П. Андрейко]. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. – 56 с.**

Методичний посібник розрахований на студентів, які вивчають нормативний курс екології

В посібнику наведені основні методи дослідження екологічного стану довкілля, зокрема, поверхневих вод, атмосферного повітря, ґрунтів, а також біоіндикації за станом рослин. Також приділена увага методам аналізу стану міських біоценозів.

Матеріали посібника дозволять застосовувати отриманні знання при формуванні особистого відношення до екологічних проблем; визначати приблизний ступінь екологічного ризику; формулювати практичні пропозиції щодо покращення екологічного стану навколишнього середовища; приймати практичні рішення з урахуванням реальної екологічної ситуації

Матеріали наведені у посібнику, можуть бути використані для аналізу стану навколишнього середовища, зокрема для порівняльного аналізу якості питної води з різних джерел та при використанні різноманітних методів очищення, при оцінці стану прибудинкових територій, при пошуку місць для відпочинку та оздоровлення.

Матеріали посібника можуть стати в пригоді всім, хто цікавиться станом оточуючого середовища та його збереженням.

© Харківський національний  
університет імені В. Н. Каразіна,  
014

© Коновалова О. О., Андрейко Г. П., 2014

## ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	
Лабораторна робота № 1. Біологічна індикація й біологічний моніторинг	4
Лабораторна робота № 2. Екологічний моніторинг забруднення навколишнього середовища методом ліхеноіндикації	7
Лабораторна робота № 3. Методика біодіагностики навколишнього середовища за фенотипами	9
Лабораторна робота № 4. Вивчення механізмів синантропії і формування міських біоценозів	12
Лабораторна робота № 5. Агроценози й умови їхнього існування	18
ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЙОГО ОХОРОНА.	
Лабораторна робота № 6. Визначення завантаження ділянки вулиці автомобільним транспортом	21
Лабораторна робота № 7. Оцінка ступеню забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами на ділянці магістральної вулиці (за концентрацією СО(II))	24
Лабораторна робота № 8. Розрахунок категорії небезпеки для підприємства	28
ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА І ЙОГО ОХОРОНА	
Техніка безпеки і основні правила роботи в хімічній лабораторії	31
Лабораторна робота № 9. Визначення водневого показника (рН) води	32
Лабораторна робота № 10–11. Визначення кислотно-лужного стану води	34
Лабораторна робота № 12. Визначення загальної карбонатної твердості води методом кислотно-лужного титрування	37
Лабораторна робота № 13. Визначення загальної твердості води методом комплексонометричного титрування	38
Лабораторна робота № 14. Визначення кальцієвої і магнієвої твердості води методом комплексонометричного титрування	40
Лабораторна робота № 15. Визначення окиснюваності води методом перманганатометричного титрування	42
Лабораторна робота № 16. Визначення залишкового хлору в воді методом йодометричного титрування	44
Лабораторна робота № 17. Визначення розчиненого кисню у воді методом йодометричного титрування	46
ЕКОЛОГІЯ ЛЮДИНИ. БІОЛОГІЧНІ І СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ	
Лабораторна робота № 18. Навколишнє середовище і етичні норми	48
ДОДАТОК	51
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	55

# ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

## Лабораторна робота № 1. БІОЛОГІЧНА ІНДИКАЦІЯ Й БІОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

**Мета роботи:** ознайомитися з теоретичними основами біологічної індикації й біологічного моніторингу, універсальними та спеціальними тест-організмами. Визначити основні чинники забруднення навколишнього середовища за допомогою тест-організмів.

### Теоретичні відомості

Чутливість організмів до змін умов середовища й особливо до наявності конкретних хімічних домішок покладена в основу біологічної індикації й біотестування, яку використовують поряд з інструментальними методами оцінки забруднення природного середовища. Рідкі, як правило, стенобіонтні (потребуючі строго певних умов існування) види часто найкращі індикатори (показники) стану довкілля. Їх часткове або повне зникнення служить доказом дії несприятливих антропогенних чинників на середовище існування в конкретних локальних зонах.

**Біоіндикація** – оцінка стану навколишнього середовища за реакціями живого організму. Ці реакції дозволяють оцінити антропогенний вплив на довкілля в показниках, що мають біологічний зміст.

Показником якості умов існування служить і загальна кількість видів, що мешкає у даній місцевості. Зменшення кількості видів може раніше, ніж виявиться зниження загальної чисельності особин або родючості ґрунтів, вказувати на зміну стану довкілля або забруднення.

У лісових масивах зручними індикаторами якості середовища служать жуки-коріди. Дуже ослаблені дерева, що відмирають, заселяються короїдами. Однак, якщо причиною загибелі дерев послужили фактори, не характерні для природного середовища, короїди не з'являються. Відмирання насаджень при відсутності заселення їх жуками-корідами – надійний доказ антропогенного забруднення атмосфери.

Для біоіндикації довкілля використовуються рослини й тварини, які мають різну стійкість до антропогенних впливів. Рослини служать хорошим показником зміни якості середовища в результаті антропогенного забруднення (табл. 1).

Таблиця 1. – Рослини-біоіндикатори антропогенного забруднення атмосфери

Індукований фактор забруднення довкілля	Рослина-біоіндикатор
Загальне забруднення	Лишайники й мохи
Важкі метали	Слива, квасоля звичайна
Діоксид сірки (SO <sub>2</sub> )	Ялина, люцерна
Фтористий водень (HF)	Кісточкові плоди, гладіолус
Хлористий водень (HCl)	Береза бородавчаста, суниця лісова
Аміак (NH <sub>3</sub> )	Соняшник, кінський каштан
Сірководень (H <sub>2</sub> S)	Шпинат, горох
Фотосмог	Кропива, тютюн

Біоіндикація тварини більш цікава як об'єкту, фізіологічно близького до людини. За їх реакціями можна передбачати наслідки впливу забруднення не лише для природи, але й для людини. Мікроби найбільш швидко реагують на зміни екологічного стану навколишнього середовища, тому в якості біоіндикаторів найкраще підходять для санітарно-медичних експериментів.

На сьогодні не для всіх шкідливих речовин встановлені гранично допустимі концентрації, водночас далеко не кожен з них можна визначити безпосередньо при хімічному аналізі. Біологічне тестування можна вважати обов'язковою умовою для отримання інтегральних оцінок забруднення ксенобіотиками – будь-якими речовинами, чужорідними для організму або групи організмів різного виду, що викликає порушення біотичних процесів, включаючи їх загибель. У ряді випадків, особливо в умовах аварійної ситуації, необхідний експрес-аналіз самого факту забруднення водою. Хоча біоіндикація не дозволяє встановити увесь спектр ксенобіотиків у воді (якщо вони не відомі з інших джерел), проте загальний висновок про якість води можна одержати швидко і досить надійно. Як правило, в якості організмів-індикаторів забруднення води, використовують бактерії, водорості, безхребетних (інфузорії, ракоподібні, молюски).

Спостереження за дикоростучими рослинами (табл. 2) дає можливість судити про характер і стан ґрунту, оскільки середовище існування рослин значною мірою визначається такими властивостями ґрунтів, як вологостійкість, структура, щільність, температура, вміст кисню, поживних речовин, важких металів і солей.

*Таблиця 2.– Рослини-біоіндикатори стану ґрунтів*

Індукований фактор забруднення довкілля	Рослина-біоіндикатор
Засоленість ґрунтів	Галофіти; наприклад, лобода
Застійна вологість ґрунтів	М'ята, польовий хвощ
Підвищена сухість ґрунтів	Ромашка, полинь
Підвищена вологість ґрунтів	М'ята, щавель, хвощі
Підвищена ущільненість ґрунтів	Пирій, жовтець повзучий
Піщаність ґрунтів	Мокриця, коров'як
Глинястість ґрунтів	Жовтець повзучий, кульбаба, дим'янка

### **Завдання 1**

Ознайомтеся з таблицею 3 і виявіть спеціальні тест-організми, що реагують тільки на один забруднювач, та універсальні біоіндикатори, що одночасно реагують на велику кількість забруднювачів. На підставі зроблених висновків складіть власні таблиці рослин-індикаторів у лабораторному журналі.

### **Завдання 2**

За допомогою складених таблиць визначте хімічний склад та ймовірні джерела забруднень, які призвели до хвороб рослин-індикаторів на присадибній ділянці або вздовж вулиці, неподалік від вашого будинку. Отримані дані занесіть до лабораторного журналу.

Таблиця 3. – Організми-біоіндикатори стану довкілля

Вид забруднення	Біоіндикатори (тест-організми)	Ознаки хвороби, викликані дією ксенобіотиків
Діоксид сірки (SO <sub>2</sub> )	Люцерна, гречка, подорожник великий, горох, конюшина	Міжжилкові некрози й хлорози
Діоксиди азоту (NO, NO <sub>2</sub> )	Шпинат, махорка, селера	Міжжилкові некрози
Хлор (Cl <sub>2</sub> )	Шпинат	Збліднення листя
	Квасоля, салат, помідор	Деформація хлоропластів
Етилен (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> )	Петунія	Відмирання квіткових бруньок, здрібніння квіток
	Салат, помідор	Закручування країв листя
Озон (O <sub>3</sub> )	Тютюн, смородина червона	Некротичні плями на верхній стороні листя
	Шпинат	Некрози верхньої сторони листя
Фтористий водень (HF)	Гладіолус, тюльпан, петрушка кучерява	Некрози верхівок і країв листя
	Бджола медоносна	Захворювання й загибель
Пероксиацетилнітрат	Кропива пекуча	Смугасті некрози на нижній стороні листя
	Метлиця однолітня	Смугасті некрози листочків
Сполучення шкідливих речовин у повітрі (SO <sub>2</sub> , HCl, NO, NO <sub>2</sub> , HF)	Листуваті й куцуваті лишайники	Зниження вмісту хлорофілу, зменшення вмісту живих клітин водоростей
	Ялиця, ялина, сосна звичайна	Зниження вмісту хлорофілу хвоїнок, зменшення й затримка росту дерев
Радіонукліди (Sr <sup>90</sup> , Cz <sup>137</sup> )	Оленячі та ісландські мохи, лишайники	Нагромадження в сухій речовині рослини
Фторид-іон, іони важких металів (Pb, Zn, Cd, Mn, Cu)	Мохи (сфагнум й ін.), мітлиця повзуча, мітлиця тонка, гірчиця біла, листова капуста, кінський каштан	Нагромадження в сухій речовині рослини
	Бджола медоносна	Нагромадження в меді

### Контрольні запитання і завдання

1. Намалюйте в лабораторному журналі на вибір п'ять рослин з приведеної вище таблиці.
2. Перечисліть рослини-індикатори, які зустрічаються поблизу вашої оселі.
3. Які живі організми називають універсальними біоіндикаторами?

## **Лабораторна робота № 2: ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА МЕТОДОМ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ**

**Мета роботи:** ознайомитися з теоретичними основами ліхеноіндикації. Визначити рівень забруднення навколишнього середовища за допомогою лишайників

### **Теоретичні відомості**

Абіотичними факторами називають всю сукупність факторів неорганічного середовища, які впливають на життя і розповсюдження тварин і рослин. Серед них розрізняють фізичні, хімічні і едафічні (грунтові).

Для виявлення коливання оптимальних умов ступеню впливу цих факторів на навколишнє середовище досить часто використовують біоіндикаційні методи дослідження. Серед них найбільше поширення набув **метод ліхеноіндикації** (від лат. Lichenes – лишайник), заснований на спостереженні за розповсюдженням та кількістю лишайників у міських зелених зонах, в районах великих підприємств та вздовж автомагістралей. Наявність лишайників на стовбурах дерев зворотно взаємозалежна з хімічним складом забруднювачів повітря.

Ліхеноіндикаційні дослідження дуже широко використовуються при біодіагностиці забруднення повітря населених пунктів і виявленні джерел викиду шкідливих речовин в атмосферу. Найбільш чутливо лишайники реагують на наявність сірчистого газу, що виділяється при згорянні палива. Більшість лишайників-епіфітів не зустрічається, якщо середня концентрація оксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ) перевищує  $0,1 \text{ мг/м}^3$ , а концентрація  $0,5 \text{ мг/м}^3$  згубна для всіх видів лишайників. Дуже малі концентрації оксиду сірки заважають проростанню спор, а при значних концентраціях спостерігається передчасне старіння лишайників. При посиленні забруднення доквілля слані лишайників стають товстими, компактними й майже зовсім втрачають плодові тіла, зменшується їх біомаса. Подальше забруднення атмосфери призводить до забарвлення лопатей лишайників в білуватий, коричневий або фіолетовий колір, їх морщення й гибелі.

Численні дослідження промислових районів і прилеглих до них територій виявили пряму залежність між забрудненням атмосфери й скороченням кількості видів лишайників. Дана закономірність відзначається не лише для забруднення атмосфери сірчистими, але й для іншими газами, що надходять у повітря з викидами підприємств і транспорту.

### **Завдання 1**

Провести оцінку ступеня забруднення атмосфери методом біоіндикації стану лишайників поблизу учбового закладу. Для оцінки забруднення атмосфери слід вибрати вид дерева, найпоширеніший на даній території. Наприклад, липу дрібнолисту. Територію поділити на квадрати  $20 \times 20 \text{ м}$ , усередині яких підрахувати загальне число дерев і кількість дерев, покритих лишайниками. Для оцінки забруднення вулиць й автомагістралей обстеження слід вести по обидва боки вулиці кожного третього, п'ятого або десятого дерева.

На стовбурі пробну ділянку обмежити рамкою, розміром  $10 \times 10 \text{ см}$ , розділеною всередині тонкими лініями на квадрати по  $1 \text{ см}$ . На кожному дереві описати 4 ділянки: дві в основі (з різних сторін) на висоті  $30 \text{ см}$  і дві – на висоті  $1,5$

м. У межах пробних ділянок візуально визначити у відсотках видовий склад лишайників (накипні, листуваті, кущисті), чисельність окремих видів та загальну чисельність, і ступінь покриття лишайниками поверхні стовбура. Описати стан слані: забарвлення, наявність некрозних плям та розміри розеток. Обстеження проводити за наявності лише одного типу лишайників або всіх типів, що зустрічаються на вибраній території. Всі дані занести у таблицю.

Таблиця \_\_\_\_\_

№ пробної ділянки	Кількість видів	Тип лишайників (накипні, листуваті, кущисті)	Проективне покриття для кожного типу, %	Частота зустріч., %	Стан слані	Рівень забруднення

За результатами обстеження декількох десятків дорослих прямих дерев обчислити середні бали зустрічальності та покриття стовбуру для кожного типу лишайників – накипних (Н), листуватих (Л) і кущистих (К) у відповідності зі шкалою (табл. 4).

Таблиця 4. – Оцінка зустрічальності й ступеню покриття для кожного типу лишайників

Частота зустрічальності (%)	Бал оцінки	Ступінь покриття (%)	Бал оцінки
Надзвичайно рідко (менш 5)	1	Дуже низька (менш 5)	1
Дуже рідко (5-20)	2	Низька (5-20)	2
Рідко (20-40)	3	Середня (20-40)	3
Часто (40-60)	4	Висока (40-60)	4
Дуже часто (60-100)	5	Дуже висока (60-100)	5

Отримані результати занести в таблицю

Таблиця \_\_\_\_\_

№ п/п	Тип лишайників	Середній бал оцінки частоти зустр.	Серед. бал оцінки проект. покриття

За отриманими балами оцінки середньої зустрічальності типів лишайників **Н**, **Л**, **К** розраховують індекс відносної чистоти атмосфери (ВЧА) за формулою (1):

$$\text{ВЧА} = \frac{\text{Н} + 2\text{Л} + 3\text{К}}{30} \quad (1)$$



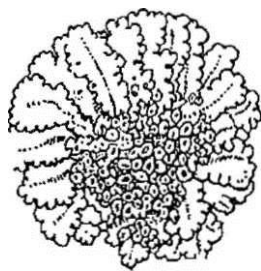


Рис.1. Ліхеноіндикація (активний біомоніторинг за допомогою лишайників)

Чим ближче розрахований показник ВЧА до одиниці, тим чистішим вважають повітря на даній території.

Таблиця 5 – Типи зон забруднення за даними ліхеноіндикації

1	Зона найбільшого забруднення (лишайникова пустеля»). Для цієї зони характерна повна відсутність лишайників, або присутність у пригніченому стані представників накипних форм – сколіціоспорум, леканора, з мінімальним ПП (2–8 %)/
2	Зона сильного забруднення. Присутні палеотолерантні форми – ксанторія, пармелія, зрідка у пригніченому стані калоплака. Загальне ПП досягає 20–35 %
3	Зона помірного забруднення. Помітно збільшується кількість видів листуватих лишайників, інколи трапляється представник кущистих форм – евернія. Загальне ПП становить 50–60 %.
4	Зона незначного забруднення. Значне видове різноманіття лишайників, часто зустрічаються представники кущистих форм – евернія та гіпогімнія. Загальне ПП – 60–80 %.

Складіть картосхему досліджуваної території із вказівкою пробних ділянок і виявлених джерел антропогенного забруднення. Визначте для кожної ділянки дерев лишайниками. За допомогою умовних знаків нанесіть показники частоту зустрічальності та ступеню проективного покриття (ПП) на картосхему, значення ВЧА. Виконайте екологічний аналіз складеної ліхеноіндикаційної карти і запишіть свої висновки в журнал. На основі аналізу спробуйте встановити невідомі вам раніше джерела викидів. Розрахуйте узагальнений показник ВЧА всієї обстеженої території.

### **Контрольні запитання і завдання**

1. Чому лишайники відносять до тест-організмів?
2. Чи можна назвати лишайники універсальними біоіндикаторами?
3. Намалюйте представників різних типів лишайників?

### **Лабораторна робота № 3. МЕТОДИКА БІОДІАГНОСТИКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА ФЕНОТИПАМИ**

**Мета роботи:** ознайомитися з поняттям фенотипу та методикою діагностики за фенотипом. Визначити рівень забруднення навколишнього середовища за допомогою фенотипів конюшини.

## Теоретичні відомості

Фенотип (від греч. *phaino* — виявляю, *typus* — форма, відбиток зразок) — сукупність всіх внутрішніх і зовнішніх ознак і властивостей індивіда, що сформувалися на базі генотипу в процесі індивідуального розвитку та служать одним з варіантів реакції організму на зовнішні умови.

На рисунку 2 наведено фенотипи конюшини білої, що розрізняються по малюнку на пластинках листа (за Т. Я. Ашихміною й ін.)

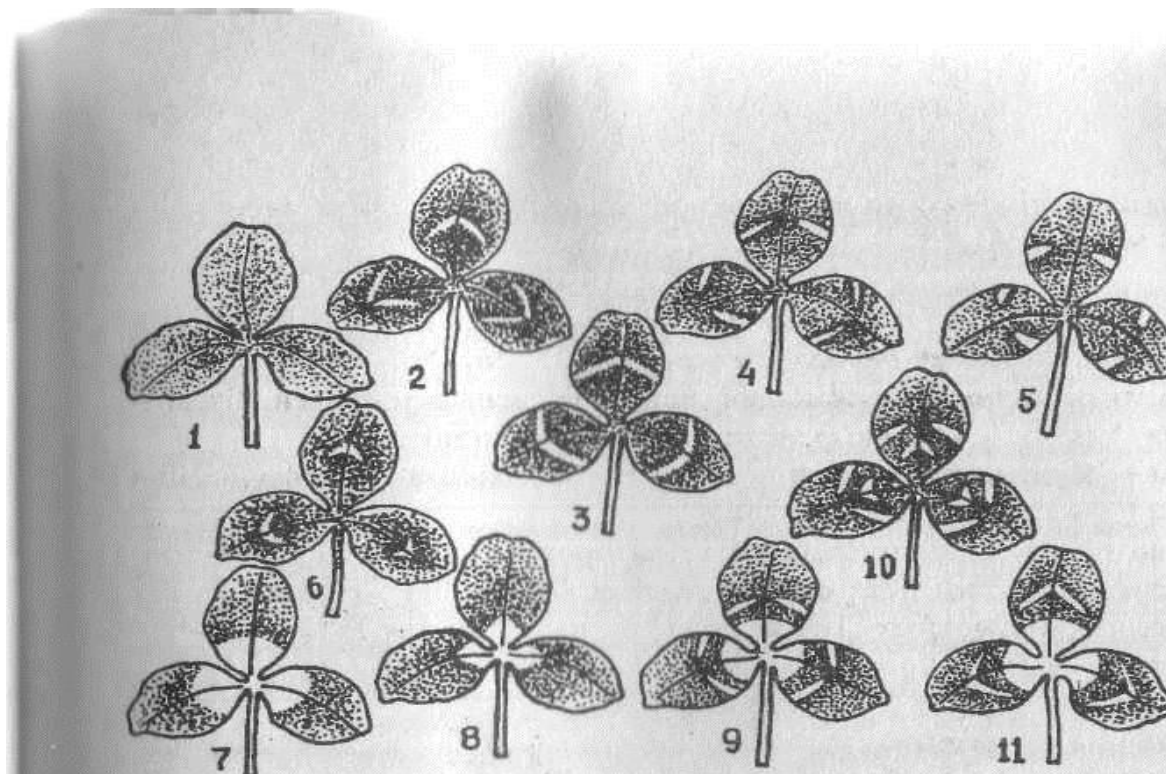


Рисунок 2. Фенотипи конюшини білої

При одному і тому ж генотипі в певних межах можливі незліченні варіанти фенотипів. Набір фенів (рис. 2), тобто набір варіантів деякої ознаки або властивості виду, що відрізняються один одного, може бути найрізноманітнішим (наприклад, колір насінин гороху, форма й розташування плям на крилі в метелика або на спині в ящірки, форма окремих лусочок у покріві риб або рептилій).

Антропогенні впливи на середовище існування живих організмів викликають прискорення мутаційних процесів у різноманітних видів рослин і тварин, що виражається в розширенні набору фенотипів, збільшенні частоти, з якою вони зустрічаються, появу в популяціях специфічних фенотипів, обумовлених антропогенним впливом. Подібні фенотипи є біоіндикаторами ступеню антропогенного забруднення довкілля.

### Завдання 1.

Виберіть на місцевості кілька пробних ділянок 100×100 м, які знаходяться на різних відстанях від антропогенних джерел забруднення ґрунту. Проведіть їх обстеження з метою виявлення різних фенів білої конюшини. Розгляньте всі куртини конюшини в межах вибраної ділянки. Врахуйте переважаючі різновиди

малюнків на листочках конюшини. Всі дані занесіть в таблицю, відповідно до номера фенотипу (рис. 2). При обстеженні відзначте наявність рослин-мутантів із чотирма, п'ятьма й більше листочками, наявність фенів конюшини з якими-небудь унікальними ознаками (наприклад, з малюнком червоного кольору) і т.д. Отримані дані запишіть в таблицю.

№ фену	наявність	Загальна кількість фенів	Частота зустріч., $P_i$ , %
1 – без малюнку			
2 – гострий кут			
3 – тупий кут			
4 – смужки від краю пластинки, наближені до центру			
5 – смужки на краю пластинки			
6 – маленький куточок в центрі листочка			
7 – пляма в основі пластинок листа			
8 – маленька пляма в основі пластинок			
9 – смужки від краю пластини з плямою в центрі сполучення листочків			
10 – смужки від краю листка з куточком на середині			
11 – тупий кут з плямою в основі пластинок листа			
12 – нові форми			

Визначте частоту зустрічальності та індекс співвідношення фенів (ІСФ) – сумарну частоту зустрічальності всіх фенотипів з малюнком у відсотках, використовуючи наступні формули:

$$P_i = 100 \times n_i / N$$

Де  $P_i$  – частота, з якою зустрічається  $i$ -й фен, %;

$n_i$  – кількість обстежених куртин з  $i$ -м малюнком фену на листяній пластинці;

$n_1$  – число рослин без блідого малюнку;

$N$  – загальна кількість всіх обстежених куртин конюшини.

$$ICF = 100 \times (n_2 + n_3 + n_n) / N \text{ (в \%)}$$

Нанесіть на картосхему місцевості джерела забруднення пробних ділянок; покажіть для кожної з них величину ІСФ, розраховану за формулою. Виконайте аналіз отриманих результатів.

Обґрунтуйте наявність і поширення фенів конюшини та виявлених рослин-мутантів з унікальними ознаками (малюнком червоного кольору, плямами й т.д.) на обстеженій території, вкажіть усі можливі джерела забруднення.

### **Контрольні запитання і завдання**

1. Яка різниця між генотипом і фенотипом.
2. В якому середовищі найчастіше можна зустріти різноманітні фенотипи конюшини білої?
3. Намалюйте фенотипи конюшини білої, які зустрічаються в вашій місцевості?

### **Лабораторна робота № 4. ВИВЧЕННЯ МЕХАНІЗМІВ СИНАНТРОПІЇ І ФОРМУВАННЯ МІСЬКИХ БІОЦЕНОЗІВ**

**Мета роботи:** придбання навичок аналізу явища синантропії в процесі формування міської фауни і чисельного вираження міри цього явища, Освоєння методик розрахунку індексів видового різноманіття.

#### **Теоретичні відомості**

Синантропія – біологічне явище, викликане виникненням мегаполісів і тісно пов'язане з їх будівництвом і розвитком. Синантропія – це пристосування організмів до мешкання поблизу людини, оскільки з появою поселень знищуються природні біоценози і створюються нові з вільними і своєрідними екологічними нішами, які освоюються тваринами різного походження.

Розрізняють наступні форми синантропії:

- а) облігатна (повна) – вид зустрічається тільки в зоні поселень людини;
- б) факультативна – види мають в зоні поселень людини оптимальні умови існування, однак утворюють популяції і поза антропоценозами, з яких можлива міграція в природні біотопи.

Останнім часом при біологічному аналізі процесів формування фауни і флори в антропогенному ландшафті велика увага приділяється використанню різних індексів, що застосовуються в популяційній екології. Індекси різноманітності, можуть бути також використані для оцінки рівня забруднення міського середовища, оскільки при збільшенні ступеню забруднення, видове різноманіття, як правило, зменшується.

В екології сформувався цілий напрям, що займається рекреаційною дигресією – негативною (регресивною) зміною під впливом масових відвідувань людини (рекреації). Регресії розрізняються по силі впливу, або по *стадії рекреаційної дигресії*.

Для характеристика схожості і відмінності видового складу стадій також використовуються коефіцієнти схожості видових складів, які показують, наскільки різкий перехід між стадіями та як змінюється видовий склад при збільшенні ступеню впливу.

Показники різноманітності, що дозволяють порівнювати біоценози за видовим багатством, являють собою кількісне вираження біоценотичного принципу А.Тінеманна, згідно з яким *в сприятливих умовах середовища число видів велике, але кожний представлений невеликим числом особин*. У цьому випадку показник різноманітності найбільш високий. Коли середовище несприятливе, видів стає мало,

але чисельність (біомаса) деяких з них висока, а інших – мала, і показник різноманітності знижується.

Видове різноманіття біоценозів в процесі їх існування підвищується до певних меж. Молоді співтовариства, що формуються, звичайно бідніші видами, чим ті, що давно склалися і більш вирівняні за своїм складом.

### 1. Визначення міри синантропії

**Завдання 1.** З таблиці 6 виберіть види, що досліджуються відповідно до заданого варіанту: № варіанту відповідає останній цифрі залікової книжки. Дані для розрахунків (кількість особин, що переважно мешкають в біотопах а, б, с) наведені в табл. 7.

Таблиця 6. – Видовий склад біоценозу

№	Види, що досліджуються
0	дрізд-білобровник, чорний дрізд, великий строкатий дятел
1	жовтоголовий корольок, луговий ковзан, зяблик
2	снігур, чубата синиця, домовий горобець
3	біла трясогузка, чиж, зорянка
4	співочий дрізд, сіра мухоловка, рябчик
5	жовтоголовий корольок, клест, сільська ластівка
6	лісовий ковзан, буроголова гаїчка, чорний стриж
7	звичайна вівсянка, міська ластівка, велика синиця
8	сойка, звичайний шпак, сизий голуб
9	домовий горобець, буроголова гаїчка, зяблик

**Завдання 2.** Розрахуйте індекс  $S_i$  (кількість особин в біотопах береться у %) та розташуйте досліджувані види птахів по мірі збільшення міри синантропії.

Таблиця 7. – Довідкові дані для розрахунку міри синантропії

Вид	Загальна кількість	Кількість особин в різних біотопах		
		а	б	с
Сизий голуб	6758	6724	341	-
Домовий горобець	5171	4602	548	21
Чорний стриж	343	264	67	12
Біла трясогузка	269	156	108	5
Звичайна вівсянка	399	120	227	52
Чиж	230	32	72	126
Снігур	109	16	30	63
Сіра мухоловка	160	24	46	90
Сойка	148	30	40	78
Зяблик	1098	275	274	549
Дрізд-білобровник	99	36	34	30

Сільська ластівка	144	36	72	36
Луговий ковзан	97	5	78	14
Міська ластівка	91	50	23	18
Звичайний шпак	386	116	251	19
Велика синиця	728	342	313	73
Лісовий ковзан	396	53	105	238
Співочий дрізд	341	41	92	208
Зорянка	199	26	50	123
Клест	280	34	64	182
Чорний дрізд	144	16	32	96
Буроголова гаїчка	422	42	80	300
Великий строкатий дятел	229	21	43	165
Жовтоголовий корольок	389	31	59	299
Рябчик	80	2	8	70
Чубата синиця	60	-	2	58

**Завдання 3.** Отримані результати представити у вигляді таблиці й зробити висновок про приналежність їх до певного виду (облігатно- або факультативно-синантропного).

### ***Підсумкові дані розрахунку міри синантропії***

	<b>Вид</b>	<b>Si</b>	<b>Висновок</b>

### **Методичні вказівки до виконання завдання**

Для чисельного вираження міри синантропії виду використовують індекс  $S_i$  (1), що дозволяє точніше розділити облігатно- і факультативно-синантропні види:

$$S_i = \frac{2a + b - c}{2} \quad (1),$$

де  $a$  – частка (%) особин виду в урбанізованій області;

$b$  – частка (%) особин того ж виду в аграрній області;

$c$  – частка (%) особин того ж виду в біотопах, менш порушених антропогенним впливом.

Діапазон значень індексу – +100- до -100, що означає:

- +100 – явна перевага щільно заселених людиною місць;
- +75 – явна перевага заселених людиною місць;
- +50 – перевага заселених людиною місць;
- 0 – незалежність від поселень людини;
- -25 – перевага незаселених людиною областей;
- -50 – уникнення поселень людини.

### ***2. Розрахунки індексів різноманітності і схожості***

Згідно з вихідними даними індивідуального завдання розрахувати наведений в ньому індекс різноманітності та схожості.

## Методичні вказівки для виконання

Для оцінки міри видової схожості біоценозів найчастіше використовують індекси, що обчислюються за формулами:

коефіцієнт (індекс) Жаккара:

$$K = c / (a + b) - c;$$

коефіцієнт (індекс) Серенсена (якісний - видова схожість):

$$K = 2c / (a + b), \text{ де}$$

$a$  і  $b$  – кількість видів, виявлених в кожному з біоценозів, що порівнюються,  
 $c$  – кількість загальних видів для них.

Коефіцієнти дорівнюють  $1$  у випадку повної схожості (тобто ідентичності видового складу) та  $0$ , якщо вибірки зовсім різні та не мають спільних видів.

Для обліку кількісних даних використовують модифікований індекс Серенсена:

Формула розрахунку коефіцієнта (індекс) Серенсена (кількісний):

$$C_k = 2jN / (aN + bN), \text{ де:}$$

$aN$  – загальна кількість особин на ділянці А;

$bN$  – загальна кількість особин на ділянці В;

$jN$  – сума найменших з двох кількостей видів, що одночасно зустрічаються на обох ділянках.

Так, якщо 12 особин виду було знайдено на ділянці А і 29 особин того ж виду на ділянці В, при розрахунку  $jN$ , треба взяти величину 12.

Коефіцієнт (індекс) Шеннона:

$$H = \sum_1^S \left( \frac{N_i}{N} \right) \times \ln \left( \frac{N_i}{N} \right), \text{ де}$$

$N$  – загальне число особин,

$N_i$  – число особин І-го виду,

$S$  – кількість видів;

Наприклад, розрахунок видового різноманіття птахів у дубовому та хвойному лісі за індексом Шеннона.

*Таблиця 8.– Видове різноманіття птахів у лісах (вихідні дані)*

Дубовий ліс		Хвойний ліс	
Вид	Кількість гнізд	Вид	Кількість гнізд
Зяблик	35	Корольок	65
Зорянка	26	Зорянка	30
Лазорівка	25	Зяблик	30
Корольок	21	Крапивник	20
Крапивник	16	Чорний дрізд	14
Московка	11	Московка	11
Сіра мухоловка	6	Вяхір	9
		Співучий дрізд	5

Кількість видів (S) = 7

Кількість видів (S) = 8

Кількість гнізд (N) = 140

Кількість гнізд (N) = 184

Для розрахунку індексів Шеннона і t необхідно скласти таблиці значень (9–10).

$$\frac{N_i}{N}, \quad \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N} \quad \text{і} \quad \frac{N_i}{N} \left( \ln \frac{N_i}{N} \right)^2 \quad \text{у такому вигляді}$$

Таблиця 9. – Вид таблиці значень видового різноманіття для дубового лісу

Кількість гнізд	$\frac{N_i}{N}$	$\frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N}$	$\frac{N_i}{N} \left( \ln \frac{N_i}{N} \right)^2$
35	0,25	-0,35	0,48
26	0,19	-0,32	0,54
25	0,18	-0,31	0,53
21	0,15	-0,28	0,54
16	0,11	-0,24	0,52
11	0,08	-0,20	0,52
6	0,04	-0,13	0,37
$\Sigma$	1,0	1,83	3,48

Таблиця 10. – Вид таблиці значень видового різноманіття для хвойного лісу

Кількість гнізд	$\frac{N_i}{N}$	$\frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N}$	$\frac{N_i}{N} \left( \ln \frac{N_i}{N} \right)^2$
1	0,35	-0,36	0,39
30	0,16	-0,29	0,53
<b>30</b>	0,16	-0,29	0,53
20	0,11	-0,24	0,54
14	0,08	-0,21	0,53
11	0,06	-0,17	0,47
9	0,05	-0,15	0,46
5	0,03	-0,11	0,37
$\Sigma$	1,0	1,82	3,82

Після цього слід виконувати подальші розрахунки. Різноманіття дубового лесу  $H_1 = 1,83$ , а хвойного  $H_2 = 1,82$ . Ці величини являють собою суми колонок  $\frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N}$ .

Формула для індексу Шеннона починається із знаку мінус, для того, щоб негативні величини, які отримані при логарифмуванні, стали позитивними.

Оцінка достовірності розбіжностей між індексами розраховується за допомогою критерію Стюдента. Для його розрахунку необхідно спочатку оцінити дисперсію різноманіття для кожного з спільнот, які були досліджені за формулою:

$$dH = \frac{\sum \frac{N_i}{N} \left( \ln \frac{N_i}{N} \right)^2 - \left( \sum \frac{N_i}{N} \ln \frac{N_i}{N} \right)^2}{N} - \frac{S-1}{2N^2}$$

Критерій Стюдента (t) розраховується за формулою:



$$t = \frac{\overline{H}_1 - \overline{H}_2}{\sqrt{dH_1 + dH_2}},$$

Звідки

$$dH_1 (\text{дубовий ліс}) = (3,48 - 3,35 / 140) - (7-1) / 280^2 = 0,00085$$

$$dH_2 (\text{хвойний ліс}) = (3,82 - 3,31 / 184) - (8-1) / 368^2 = 0,00087$$

У нашому прикладі

$$t = 1,83 - 1,82 / \sqrt{0,00085 + 0,00087} = 0,24$$

Необхідні ступені свободи (df) можна розрахувати за формулою:

$$df = \frac{(dH_1 + dH_2)^2}{\left[ (dH_1)^2 / N_1 \right] + \left[ (dH_2)^2 / N_2 \right]}$$

В нашому випадку

$$df = \frac{(0,00085 + 0,00087)^2}{\left[ (0,00085)^2 / 140 \right] + \left[ (0,00087)^2 / 184 \right]} = 319$$

З таблиці значень критерію Стюдента (табл. 11) легко з'ясувати, то різноманіття птахів у двох лісових масивах значно не відрізняється (значення  $t <$  табличного при  $p = 0,99$ ).

Коефіцієнт (індекс) Симпсона, або міра домінування, приділяє основну увагу кількості найбільш поширених видів, а не видовому різноманіттю; він описує вірогідність належності будь-яких двох особин, які випадково відібрані із співтовариства, до різних видів :

$$D_c = \sum \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)},$$

де  $n_i$  – чисельність  $i$ -го виду,

$N$  – загальне число видів в співтоваристві.

При збільшенні  $D$  різноманіття зменшується, тому індекс Симпсона використовують у формі  $1/D$ .

Таблиця 11. – Значення розподілу Стюдента

<b>n</b> <b>P</b>	<b>0,95</b>	<b>0,99</b>	<b>n</b> <b>P</b>	<b>0,95</b>	<b>0,99</b>
5	2,6	4,0	18-20	2,1	2,9
6	2,4	3,7	21-24	2,1	2,9
7	2,4	3,5	25-28	2,1	2,8
8	2,3	3,4	29-30	2,1	2,8
9	2,3	3,3	32-34	2,0	2,8
10	2,2	3,2	35-42	2,0	2,7
11-13	2,2	3,1	43-62	2,0	2,7
14-15	2,2	3,1	63-175	2,0	2,7
16-17	2,1	3,0	175 і більше	2,0	2,6

### **Контрольні запитання і завдання:**

1. В чому полягає відмінність між первинною та вторинною продуктивністю? Наведіть приклади.
2. Що являє собою явище «синантропії» та чим воно спричинене?
3. Наведіть приклади різних форм синантропії.
4. Які плюси та мінуси явища синантропії?
5. Поясніть значення понять «біоценоз», «біотоп», «біомаса».

### **Лабораторна робота №5. АГРОЦЕНОЗИ Й УМОВИ ЇХНЬОГО ІСНУВАННЯ**

**Мета роботи:** ознайомитись з впливом на рослини мінеральних добрив і речовин, що попадають у ґрунт з добривами і промисловими викидами.

#### **Теоретичні відомості**

Недостача або надлишок поживних речовин, а також хімічні речовини, що попадають у ґрунт разом з добривами та промисловими викидами, порушують режим харчування рослин, що веде до їх ослаблення, зів'янення і гибелі. При надлишковому надходженні мінеральних речовин у ґрунт страждає, насамперед, нижнє листя рослини. При недостатчі — наймолодші, зростаючі частини рослин. Дефіцит в ґрунті азоту (N), фосфору (P), калію (K) відбивається, головним чином, на стані розвиненого листя.

Польові методи дозволяють швидко, без складних лабораторних досліджень, отримати важливу інформацію про механічний склад і фізичні властивості ґрунту, про його багатство й родючість. З цією метою найчастіше використовуються методи біоіндикації, тому що антропогенні зміни природних факторів середовища швидко проявляються в зміні складу рослинних співтовариств — у збільшенні частки поширення одних видів і зниженні частки інших.

Наприклад, інтенсивне надходження на поля азоту викликає зміни у видовому складі бур'янів: починають домінувати лобода, марь біла, мокриця, будяк польовий, в'юнок польовий, у той час як перестріч і вероніка відступають на другий план. Постійне застосування гербіцидів приводить до збідніння співтовариств польових бур'янів, причому види із широкою екологічною амплітудою, відносно стійкі до гербіцидів, стають домінантами, наприклад, мокриця, марь біла, підмаренник, метлиця польова, овес дикий, щетинник зелений, куряче просо.

#### **Хід роботи**

##### **Завдання 1**

За даними таблиці. 12 побудуйте графік зміни урожайності озимого жита в залежності від кількості внесених мінеральних добрив. Проведіть екологічний аналіз отриманої кривої.

Рекомендації: при побудові графіка по осі абсцис відкладіть кількість внесених добрив ( $S_{N.P.K}$ ). а по осі ординат — урожайність озимого жита ( $P$ ).

*Таблиця 12. – Залежність урожайності озимого жита від кількості внесених добрив*

Кількість внесених добрив ( $S_{N,P,K}$ ). кг/га	Урожайність (P), кг/га
0	$P_0 = 1770$
130	$P_1 = 2790$
290	$P_2 = 3220$
450	$P_3 = 3210$

### **Завдання 2**

Визначте ефективність застосування мінеральних добрив на полях озимого жита. Оцініть економічну доцільність внесення різної кількості мінеральних добрив.

Рекомендації: Для роботи використайте дані таблиці 12. **Ефективність** застосування добрив визначається приростом урожаю (***p***) на 1 гектар орної землі при збільшенні кількості внесеного добрива на 1 кг. Показник ***p*** обчислюється за формулою:

$$p = (P_1 - P_0) / S_{N,P,K}, \text{ де}$$

***p*** – приріст урожаю на 1 кг внесених мінеральних добрива;

**$P_0$**  – урожайність без внесення добрив, кг/га;

**$P_n$**  – урожайність при внесенні добрив, кг/га;

**$S_{N,P,K}$**  – сума азотних (N), фосфорних (P) і калійних (K) добрив, кг/га.

*Приклад виконання завдання.*

Розглянемо варіант с  **$P_1$** :

$$P_0 = 1770 \text{ кг/га,}$$

$$P_1 = 2790 \text{ кг/га,}$$

$$S_{N,P,K} = 130 \text{ кг/га.}$$

Розраховуючи за формулою:

$$p = (2790 - 1770) / 130 = 7,8 \text{ кг.}$$

Таким чином, максимальний приріст урожаю становить 7,8 кг на 1 кг добрив.

### **Завдання 3.**

Визначити приріст урожаю на 1 кг внесених добрив для  **$P_2$** ,  **$P_3$** . На підставі отриманих результатів зробіть висновки про економічну доцільність внесення певної кількості добрив.

В збереженні динамічної рівноваги в навколишньому середовищі та природних системах важливе місце має кількість поживних речовин, серед яких найбільш важливі: калій, азот, фосфор, кальцій. Вони по трофічному ланцюгу з ґрунту надходять до рослин і далі в організм тварин і людей. Дефіцит або надлишок

вказаних речовин викликає у рослин захворювання, які виявляються наступними зовнішніми ознаками, наведеними в таблиці 13.

*Таблиця 13. – Зовнішні ознаки хвороб рослин при недостатчі або надлишку поживних речовин*

Речовина	Недостача	Надлишок
Азот (N)	Уповільнення росту. Пожовтіння, побуріння й засихання листя. Одеревіння стебел. Зменшення розміру квіток	Побуріння листя (обпалені краї) і їх загибель. Скорочення періоду вегетації
Калій (K)	Поява «крайового опіку» нижнього листя. Ослаблення рослин. Блакитнувато-зелене листя на плодових і ягідних культурах	Утворення на плодах гіркокого слизу
Фосфор (P)	Бурі плями між жилками листя. Засихання листя. Ослаблення росту. Фіолетово-червоне забарвлення на стеблах, гілках і нижній стороні листків. Загинання листя вгору. Квітки дрібні, опадаючі.	Зменшення вегетаційного періоду рослин. Зниження врожаю.
Кальцій (Ca)	Припинення росту й розвитку коріння. Верхнє листя білясте, нижнє — зелене. Відмирання точок росту.	Стимуляція розвитку не лише корисних, але й шкідливих мікроорганізмів
Мідь (Cu)	Ослаблення рослин. Посвітління забарвлення листя. Потворна форма листя. Розтріскування кори. Ослаблення плодоносіння. Зів'янення верхівок	Слабкий розвиток корінь, хлороз молодого листя, жилки залишаються зеленими.

#### **Завдання 4.**

Ознайомтесь з основними зовнішніми ознаками хвороб рослин при надлишковому надходженні мікроелементів. На основі аналізу таблиці 14 виділіть й запишіть у лабораторному журналі загальні й відмінні ознаки впливу на рослини надлишку вмісту мікроелементів у ґрунті.

*Таблиця 14. – Зовнішні ознаки хвороб рослин при надлишку мікроелементів*

М/елемент	Зовнішні ознаки хвороб рослин
Залізо (Fe)	Тканина без некрозів; хлороз розвивається між жилками молодих листочків, жилки залишаються зеленими, пізніше весь листок стає жовтим або білуватим, що подібно з голодуванням
Марганець (Mn)	Перші ознаки з'являються на молодих рослинах, ураження місцеве. Тканина некротична, хлороз розвивається між жилками молодих листочків, перетворюючи їх у жовті або білуваті з темно-коричневими або майже

	білими некротичними плямами, листок викривляється й зморщується (у цьому основна відмінність від голодування)
Кобальт (Co)	У деяких рослин уздовж основних жилок листка з'являються прозорі, наповнені водою ділянки; між жилками розвивається некроз; пізніше листя стає коричневим і опадає.
Цинк (Zn)	Тканина некротична, хлороз листя, молоді листочки жовтіють; верхівкові бруньки відмирають, більш старе листя може опадати без зів'янення, жилки забарвлюються в червоний або чорний кольори (на ранніх стадіях ушкодження подібно з дефіцитом заліза). Перші ознаки з'являються на молодих рослинах, при цьому уражується вся рослина
Магній (Mg)	Листя злегка темніє і трохи зменшується; іноді спостерігається згортання й зморщування молодих листочків, на пізніх стадіях росту кінці їх втягуються і відмирають, особливо при ясній погоді

### **Контрольні запитання і завдання**

1. Чи можна розрізнити наявність дефіциту або надлишку мінеральних речовин за зовнішнім виглядом рослин?
2. Чому зменшується урожайність при недостатку в ґрунті кальцію, калію, азоту, фосфору?
3. Які загальні ознаки хвороб рослин при надлишку мікроелементів?

## **ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПОВІТРЯНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЙОГО ОХОРОНА.**

### **Лабораторна робота № 6. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДІЛЯНКИ ВУЛИЦІ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ**

**Мета роботи:** ознайомитись з факторами, які впливають на завантаження, рівень шуму і концентрацію забруднюючих речовин поблизу автомобільної дороги. Освоїти методики визначення рівня шуму та інтенсивності руху автотранспорту.

### **Теоретичні відомості**

Дослідження, проведені фахівцями багатьох країн, показують, що концентрації шкідливих речовин, які викидаються з вихлопними газами автомобільним транспортом, найбільш високі в районах, прилеглих до великих населених пунктів.

Дослідження швейцарських фахівців показують, що найбільш інтенсивне зменшення концентрації забруднюючих речовин відбувається в зоні 12–20 м від дороги. Таким чином, між будинками й у місцях з напівзамкнутою забудовою накопичуються значні концентрації ксенобіотиків. Тому в щільно забудованій

приміській зоні чи в населених пунктах концентрації забруднюючих речовин значно вищі, ніж на відкритій місцевості.

У зв'язку з цим у ряді міст США та країн ЄС рекомендовано заборонити стоянку автомобілів у центрі міста, заборонити будь-який рух транспорту, (крім рейсових автобусів і електротранспорту) головними вулицями, обмежити пересування вантажного транспорту вдень, зменшити кількість таксі.

Значною мірою зменшити ступінь забруднення повітря вихлопними газами автомобілів можна за рахунок поліпшення технічних характеристик проектованої автомобільної дороги. Так, за даними досліджень у США, магістральні дороги для швидкісного руху з невеликими подовжніми ухилами (до 3 %) дозволяють зменшити витрати бензину на 20 % для легкових і на 70 % для вантажних автомобілів у порівнянні з ухилом 6 %. Скорочення витрат палива приводить, у свою чергу, до зменшення кількості викидів вихлопних газів.

Поблизу транспортних шляхів спостерігається високий рівень шумового навантаження. Як відомо, фізіологічної адаптації до шуму не існує. Шум призводить до зниження продуктивності праці на 5–30 % для різних категорій робітників і службовців. Зниження сприйняття навчальної інформації через негативний вплив транспортного шуму залежно від контингенту учнів складає 70–95 %. Частково зменшити рівень шуму можна за допомогою зелених насаджень (табл. 16).

*Таблиця 16 – Вплив зелених насаджень на рівень шуму*

Вид насаджень	Ширина смуги, м	Зниження рівня шуму, дБ
Однорядні шахові	10-15	4-5
	16-20	5-8
Дворядні з відстанню між рядами 3-5 м	21-25	8-10
Трирядні	26-30	10-12

### **Хід роботи**

*Матеріали і прилади:* папір, олівці, годинник.

Студенти розподіляються на групи по троє в кожній (один підраховує, другий записує, третій оцінює ситуацію), які після інструктажу займають спостережні пункти по обидва боки вулиць із поживавленим рухом автотранспорту — в центрі міста на ділянках, де багато транспортних розв'язок і світлофорів тощо.

Збирати матеріал можна як упродовж одного практичного заняття, так і в різні години доби протягом тривалого часу. Під час роботи звертають увагу на наявність насаджень, які поглинають пил та інші забруднюючі речовини, зменшують шумове навантаження, регулюють мікроклімат (вміст вологи, кисню, оксидів вуглецю, іонів, фітонцидів).

В даній роботі інтенсивність руху автотранспорту визначають методом триразового підрахунку автомобілів різних типів — по 20 хв. під час кожного спостереження (о 8-й, 13-й і 18-й год.). Дані заносять у таблицю.

Таблиця – Кількість автомобілів на визначеному відрізку автодороги за час спостереження

Вул. \_\_\_\_\_

Тип автомобіля	Кількість автомобілів в різний період доби, шт.					
	8 год.		13 год.		18 год.	
	за 20 хв.	за 1 год	за 20 хв.	за 1 год	за 20 хв.	за 1 год
Легкої вантажності, до 3т						
Середньої вантажності, до 5т						
Важкої вантажності						
Мікроавтобус						
Автобус						
Легковий автомобіль						

### **Завдання 1**

Підрахуйте загальну кількість руху автотранспорту за одну годину в кожен відрізок часу спостереження. Визначте орієнтовну кількість автотранспорту, який проїжджає на даній ділянці вулиці за добу.

Оцінку завантаженості вулиць автотранспортом визначають за інтенсивністю руху:

- низька інтенсивність руху — 2,7—3,6 тис. автомобілів за добу;
- середня інтенсивність руху — 8—17 тис. автомобілів за добу;
- висока інтенсивність руху — 18—27 тис. автомобілів за добу.

**У висновках** здійсніть оцінку інтенсивності руху транспорту на окремих вулицях міста, побудуйте графіки, обговоріть заходи по зменшенню негативного впливу транспорту на стан довкілля. Результати роботи подайте у вигляді графіків.

### **Рекомендації:**

При побудові графіка по осі ординат відкладають число машин, а по осі абсцис – час (в годинах для добової динаміки). Криві інтенсивності руху будують як окремо для кожного виду транспорту, так і для загальної їх кількості.

В результаті проведеного моніторингу руху транспорту за таблицею 17 визначте рівень шуму на автодорогах міста. Перед виконанням завдання ознайомтесь з наступною інформацією. Децибел – одиниця вимірювання інтенсивності звуку, рівня 0,1 бела. Інтенсивність звуку в 10 дБ перевищує поріг чутливості слуху в 10 разів. Больовий поріг в 120 дБ – в 1 трильйон ( $10^{12}$ ) раз вищий за поріг чутливості слуху. Для аудиторії та квартири гігієнічною нормою рівня шуму вважають 40 дБ, для районів жилої забудови – 55 дБ вдень та 45 дБ – в нічний час, на транспортних магістралях – 80 дБ.

Таблиця 17. – Рівень шуму (дБ) на автодорогах залежно від інтенсивності та швидкості руху

Кількість автомобілів за годину	Швидкість руху км/год			
	30	40	50	60
	Рівень шуму, дБ			
50	63,5	65	66,5	68
100	66,5	68	69,5	71
230	69,5	71	72,5	74
400	71,5	73	74,5	76
880	74,5	76	77,5	79
1650	76,5	78	79,5	81
3000	78,5	80	81,5	83
5000	79,5	81	82,5	84

Проведіть аналіз шкали сили звуку (табл. 18) і оцініть рівень шуму в ситуаціях, які щоденно виникають у жителів даної території

Таблиця 18. – Джерела шумового забруднення навколишнього середовища

Джерело шуму	Рівень шуму, дБ	Реакція організму на тривалу дію шуму
Шум листя. прибою	20	Заспокійлива
Середньої сили звуки в квартирі, аудиторії	40	Гігієнічна норма
Всередині приміщення, розташованого на автомагістралі	60	Прояви роздратованості, втомлюваності, головної болі
Телевізор	70	
Поїзд (в метро, на залізничній дорозі)	80	
Людина, що кричить	80	
Мотоцикл	90	
Дизельна вантажівка	90	
Реактивний літак, що летить на висоті 700 м	95	Поступове послаблення слуху, ознаки нервово-психічного стресу (пригніченість, збудженість, агресивність)
Шум на текстильній фабриці	110	
Ткацький верстат	120	Викликає шумове оп'яніння, порушення сну і психічного здоров'я. Виникає глухота.
Відбійний молоток	120	
Реактивний двигун при злеті (на відстані 25 м)	150	
На дискотеці	175	

Побудуйте узагальнений графік рівню шуму на ділянках автомагістралей, визначте вулиці міста з найбільшим рівнем шумового навантаження. Запропонуйте власні заходи щодо зменшення дії шуму на довкілля, які слід провести на певних ділянках автомагістралей. Вкажіть особливості конструкцій зелених насаджень, які використовують при проведенні шумозахисних заходів.



### **Контрольні запитання і завдання**

1. *Перечисліть фактори негативного впливу автотранспорту на довкілля*
2. *Запропонуйте заходи для зменшення шумового навантаження природного середовища?*
3. *Назвіть особливості зелених насаджень, які потрібно враховувати для отримання їх максимального шумозахисного ефекту.*

### **Лабораторна робота № 7. ОЦІНКА СТУПЕНЮ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ВІДПРАЦЬОВАНИМИ ГАЗАМИ НА ДІЛЯНЦІ МАГІСТРАЛЬНОЇ ВУЛИЦІ (ЗА КОНЦЕНТРАЦІЄЮ СО(II))**

**Мета роботи:** ознайомитись з методом розрахунку та оцінки забруднення атмосферного повітря відпрацьованими газами автотранспорту.

#### **Теоретичні відомості**

Концентрація забруднюючих речовин над автомобільною дорогою і біля неї залежить від низки наступних чинників:

- інтенсивності руху автомобілів по дорозі;
- типу двигуна;
- принципу аерації місцевості і швидкості вітру;
- подовжнього нахилу дороги;
- вологості повітря;
- наявності перехресть;
- характеру забудови території;
- часу доби та пори року.

Знаючи види викидів і концентрацію окремих забруднюючих речовин у відпрацьованих газах автотранспорту, можна розрахувати ступінь забруднення повітря на певній висоті, в тому числі висоті людського зросту. Концентрацію хімічних речовин визначають за стандартними методиками, швидкість вітру вимірюють анемометром, вологість повітря вимірюють психометром.

Ступінь забруднення повітря викидами автотранспорту залежить не лише від інтенсивності руху, вантажності машин, кількості та характеру викидів, а й типу забудови, рельєфу місцевості, швидкості та напрямку вітру, вологості повітря, вмісту СО, пилу, оксидів азоту і сірки, вуглеводнів.

Важливе значення при визначенні концентрації певної забруднюючої речовини в повітрі має "фонова" концентрація, тобто такий вміст забруднюючої речовини, що знаходився б у повітрі, якби були відсутні антропогенні джерела забруднення. Слід зазначити, що гранично допустима концентрація вмісту СО складає  $5 \text{ мг/м}^3$ .

#### **Хід роботи**

Використовуючи інформацію, зібрану в попередній лабораторній роботі, та дані метеослужби про вологість і швидкість вітру, розрахуйте рівень забруднення повітря чадним газом (СО) поблизу автодороги.

Під час визначення концентрації СО (ІІ) всі впливи різних чинників враховує рівняння:

$$K_{CO} = (A + 0,01 \times N \times K_T) \times K_A \times K_Y \times K_C \times K_B \times K_{II},$$

де  $A$  – фонове забруднення атмосферного повітря нетранспортного походження ( $A = 0,5 \text{ мг/м}^3$ );

$N$  – сумарна інтенсивність руху автомобілів на ділянці вулиці за годину, (авт./год.);

$K_T$  – коефіцієнт токсичності автомобілів у залежності від викидів у повітря СО (ІІ);

$K_A$  – коефіцієнт, що враховує аерацію місцевості;

$K_Y$  – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення повітря оксидом вуглецю (ІІ), залежно від величини подовжнього нахилу;

$K_C$  – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення атмосфери оксидом вуглецю (ІІ), залежно від швидкості вітру;

$K_B$  – коефіцієнт, що враховує зміну забруднення повітря оксидом вуглецю (ІІ), залежно від вологості повітря;

$K_{II}$  – коефіцієнт збільшення забруднення повітря оксидом вуглецю поблизу перехрещення вулиць.

Коефіцієнт токсичності автомобілів визначають як середньо залежний для потоку автомобілів за формулою:

$$K_T = \sum P_i \times K_{Ti}$$

де  $P_i$  – склад руху в частках одиниць;

$K_{Ti}$  – коефіцієнт токсичності для різних видів автомобілів, визначають за таблицею 20.

Для визначення складу руху ( $P_i$ ) користуються формулою:

$$P_i = N_i / N, \text{ де}$$

$N_i$  – кількість автомобілів певного типу за годину;

$N$  – загальна кількість автомобілів за годину.

Коефіцієнти  $K_A, K_Y, K_C, K_B, K_{II}$  визначають за таблицями 21–26.

Таблиця 21 – Значення коефіцієнта токсичності різних видів автомобілів

Тип автомобіля	Коефіцієнт $K_{Ti}$
Важкий вантажний (мікроавтобус)	2,3
Середній вантажний	2,9
Легкий вантажний	2,2
Автобус	3,7
Легковий транспорт	1,0

Значення коефіцієнта  $K_A$ , що враховує аерацію місцевості, визначають за таблицею 22. Для магістральної вулиці  $K_A = 1$ .

*Таблиця 22 – Значення коефіцієнта аерації місцевості*

Тип місцевості за ступенем аерації	Коефіцієнт $K_A$
Транспортні тунелі	2,7
Транспортні галереї	1,5
Магістральні вулиці і дороги з багатоповерховою забудовою з обох боків	1,0
Вулиці та дороги з одноповерховою забудовою	0,6
Міські вулиці та дороги з одnobічною забудовою, набережні, естакади, високі насипи	0,4
Пішохідні тунелі	0,3

Значення коефіцієнта  $K_U$ , що враховує зміни забруднення повітря СО відповідно величини повздовжнього нахилу вулиць, визначають за таблицею 23.

*Таблиця 23 – Значення коефіцієнта величини повздовжнього нахилу вулиць*

Повздовжній ухил, град	Коефіцієнт $K_U$
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Коефіцієнт  $K_C$ , що враховує вплив швидкості вітру на вміст СО в повітрі, визначають за таблицею 24.

*Таблиця 24 – Значення коефіцієнта впливу швидкості вітру*

Швидкість вітру, м/с	Коефіцієнт $K_C$
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Коефіцієнт  $K_B$  враховує вплив відносної вологості повітря на концентрацію СО (табл. 25).

Таблиця 25 – Значення коефіцієнта впливу відносної вологості повітря

Відносна вологість повітря, %	Коефіцієнт $K_B$
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75
40	0,60

Значення коефіцієнту  $K_{II}$  для різних типів перехресть наведено в таблиці 26.

Таблиця 26 – Значення коефіцієнта впливу різних типів перехресть

Тип перехрестя	Коефіцієнт $K_{II}$
Регульоване перехрестя:	
світлофорами звичайне	1,8
світлофорами регульоване	2,1
саморегульоване	2,0
Нерегульоване:	
зі зниженою швидкістю	1,9
кільцеве	2,2
з обов'язковою зупинкою	3,0

Підставляючи значення наведених коефіцієнтів у формулу, обчисліть концентрацію окислу вуглецю (II) на певній ділянці магістралі за різних метеорологічних умов на ділянках з різною забудовою. У висновках, вкажіть ступінь забруднення обстеженої ділянки вулиці, проаналізуйте чинники та рівень їх впливу на забруднення повітря окислом вуглецю (II), що міститься у викидах автотранспорту. Запропонуйте шляхи зменшення концентрації оксидів вуглецю в повітрі.

### Контрольні запитання і завдання

1. Назвіть хімічний склад викидів автотранспорту.
2. Які з викидів автотранспорту є найбільш небезпечними ?
3. Який фізіологічний вплив чинять на організм оксиди вуглецю?
4. Ваші пропозиції щодо зменшення забруднення повітря і ґрунтів викидами автотранспорту?

### Лабораторна робота № 8. РОЗРАХУНОК КАТЕГОРІЇ НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА

**Мета роботи:** ознайомитись з принципами визначення шкідливого впливу підприємств на оточуюче середовище.

## Теоретичні відомості

Для розробки заходів та визначення негативного впливу антропогенних чинників на довкілля необхідно вміти оцінити вплив кожного конкретного підприємства. Порівняння впливу на оточуюче середовище різноманітних підприємств можливо, якщо існує кількісний параметр оцінки їх негативного впливу, навіть при умові, що вони викидають у довкілля різні забруднюючі речовини. Таким параметром є категорія небезпеки підприємства, тобто КНП. Крім того, КНП підприємства враховується при визначенні розмірів його санітарно-захисної зони та типу очисних споруд. Найбільшу небезпеку для довкілля складають підприємства першої категорії небезпеки. Для визначення КНП використовуються дані про викиди основних забруднюючих речовин в атмосферу для кожного підприємства.

$$\text{КНП} = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ГДК_i} \right)^{A_i},$$

де  $M_i$  – маса викиду  $i$ -ї речовини, т/рік;

$ГДК_i$  – середньодобова ГДК  $i$ -ї речовини, мг/м<sup>3</sup>;

$n$  – кількість забруднюючих речовин, що викидаються підприємством;

$A_i$  – безрозмірна константа, що дозволяє співвіднести ступінь шкідливості  $i$ -ї речовини зі ступенем шкідливості сірчистого газу (SO<sub>2</sub>);

Основна маса речовин, що викидаються в атмосферу, відноситься до третього класу небезпеки. У якості еталона для порівняння ступеню шкідливості всіх інших речовин прийнято значення шкідливості SO<sub>2</sub> (3-й клас небезпеки). Значення  $A_i$  для кожної речовини наведено в таблиці 27.

*Таблиця 27 – Значення константи співвідношення ступеню шкідливості речовини зі ступенем шкідливості сірчистого газу (SO<sub>2</sub>)*

Клас токсичності	1	2	3	4
$A_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

За показником КНП підприємства підрозділяються на 4 категорії небезпеки (таблиця 28).

*Таблиця 28 – Класифікація підприємств за категоріями небезпеки*

Категорія	Значення КНП	Характеристика
<b>I</b>	$\text{КНП} \geq 10^8$	надзвичайно небезпечне
<b>II</b>	$10^4 \leq \text{КНП} < 10^8$	високо небезпечне
<b>III</b>	$10^3 \leq \text{КНП} < 10^4$	помірно небезпечне
<b>IV</b>	$\text{КНП} < 10^3$	мало небезпечне

Підприємства, які відносять до першої категорії, найбільш небезпечні. У великих промислових містах таких підприємств одне-два, але їх сумарний викид забруднюючих речовин в атмосферу міста складає більше 50 %.

Друга категорія – у великих містах кількість таких заводів може бути 15–20. Загальний викид шкідливих речовин у атмосферу від цих підприємств складає 30–35 відсотків усіх загальноміських викидів.

Третя категорія – це найчисленніші підприємства, але на їх частку припадає лише 10–15 % від загальноміських викидів.

Четверта категорія складається з підприємств, які дають 1–5 відсотки від загальноміських викидів. Викиди від них, як правило, не перевищують значення ГДК забруднюючих речовин. ГДВ для них можна затвердити на рівні фактичних викидів.

### **Хід роботи**

У таблицях для кожного варіанту наведені характеристики забруднюючих речовин, які викидають в атмосферу автотранспортними підприємствами (див. Додаток ).

Для виконання роботи необхідно:

1. отримати у викладача номер свого варіанту;
2. використовуючи наведену методику, визначити категорію небезпеки автотранспортного підприємства;
3. зробити висновок про ступінь небезпечного впливу даного підприємства на довкілля.

### ***Контрольні запитання і завдання***

1. Для яких цілей можливо використання показників КНП?
2. Який газ вважається еталоном для порівняння ступеню шкідливості всіх інших речовин?
3. Наведіть формулу, за якою можна визначити КНП підприємства?
4. На які категорії небезпеки за розміром КНП можна підрозділити підприємства?

## **ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА І ЙОГО ОХОРОНА.**

### **ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ОСНОВНІ ПРАВИЛА РОБОТИ В ЛАБОРАТОРІЇ**

1. Студент допускається до роботи в лабораторії після проведення інструктажу з техніки безпеки, що підтверджується підписом в спеціальному журналі студента і особи, яка проводила інструктаж.
2. Всі студенти, які пройшли інструктаж повинні виконувати правила техніки безпеки. За невиконання правил встановлена відповідальність в адміністративному або судовому порядку.
3. Робота студента в лабораторії дозволяється в години, відведені за розкладом, та в додатковий час, узгоджений з викладачем, під наглядом викладача або лаборанта.
4. Під час роботи забороняється приймати їжу в лабораторії, куштувати на смак хімічні речовини, залишати в посуді без відповідного надпису будь-які реактиви.
5. Концентровані кислоти і луги, сильнодіючі речовини (бром та ін.) зберігати у витяжній шафі під тягою на підносі та не виносити їх звідти.
6. При роботі з їдкими речовинами (кислоти, луги тощо) необхідно проявляти максимальну обережність, маючи на увазі, що нещасні випадки проходять в результаті необізнаності, неуважності або неохайності працюючого.
7. Беручи речовини для дослідів, необхідно уважно прочитати етикетку і перевірити вміст за якісними ознаками (колір, запах, консистенція та ін.).
8. При попаданні їдкої речовини на стіл або підлогу слід одразу ж засипати це місце піском, потім пісок зібрати і винести з приміщення. Залите кислотою місце промити розчином соди.
9. Засмоктувати їдкі речовини в піпетку необхідно тільки за допомогою груші, а не ротом.
10. Нагрівати розчини на плиті слід лише в посуді з хімічного скла без пробки. При цьому посуд повинен бути зовні сухим. Брати нагрітий посуд необхідно за допомогою рушника або спеціальної серветки.
11. Не можна класти пробки, що закривають розчин або сухий реактив прямо на стіл. Відлитий з склянки розчин чи просипаний на стіл реактив не можна повертати назад в посуд для уникнення забруднення решти реактиву.
12. Після закінчення роботи розчини, які знадобляться, слід прибрати в ящик. Використані розчини і реактиви за вказівкою лаборанта потрібно вилити, посуд звільнити, вимити і прибрати на місце постійного зберігання. Здати робоче місце черговому по групі або лаборанту.

### **Послідовність дій, що рекомендується під час виконання робіт:**

1. Прослухати та опанувати лекційний матеріал за даною темою.
2. Підготуватись до практичного заняття, тобто повторити теоретичний матеріал та відповісти на контрольні запитання.
3. Виконати лабораторні роботи з вивчення прикладної екології. Оформити звіт про виконану роботу в лабораторному журналі з результатами спостережень та висновками.

4. Самостійна позааудиторна робота. Приведення в систему одержаних експериментальних відомостей із залученням необхідної літератури. Отримання консультацій у викладача.
5. Модульна контрольна робота за вивченим розділом.

### **Контрольні запитання**

1. Які правила роботи з сильнодіючими і ядовитими речовинами в лабораторії?
2. Як нейтралізують розчини агресивних речовин, якщо вони випадково розлиті на підлогу чи стіл?
3. Яким чином проводять розчинення речовин, які супроводжуються сильним розігріванням?
4. Який посуд слід використовувати при нагріванні розчину на електроплиті?
5. Які дані в обов'язковому порядку повинні бути занесені в робочий журнал безпосередньо під час виконання експерименту?

### **Лабораторна робота № 9. ВИЗНАЧЕННЯ ВОДНЕВОГО ПОКАЗНИКА (pH) ВОДИ**

**Мета роботи:** Ознайомитися з потенціометричним методом визначення pH природних вод.

### **Теоретичні відомості**

Величина показника pH водного середовища має велике значення в формуванні її хімічного складу, процесах очищення, забезпечення умов існування для рослинного й тваринного світу водойми. Зокрема, зниження рівня pH сприяє підвищенню розчинності карбонатів, сульфідів, фосфатів важких металів, збільшенню їх міграції і доступності для засвоєння живими організмами та отруєння ними.

Для більшості риб оптимальним є значення pH = 6,7–8,6. Водневий показник залежить від багатьох чинників: температури води, вмісту органічних речовин, діяльності живих організмів тощо.

Ступінь кислотності та лужності води зумовлюється співвідношенням концентрацій водневих та гідроксильних іонів. Чиста вода, як дуже слабкий електроліт, дисоціює за рівнянням:



За законом діючих мас константа дисоціації води має вигляд:

$$K_b = [\text{H}^+][\text{OH}^-]/[\text{H}_2\text{O}] = 1,8 \times 10^{-16}$$

Величина  $K_b \times [\text{H}_2\text{O}] = K_{\text{H}_2\text{O}} = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$  – називається *іонним добутком* і при температурі 22 °C дорівнює  $10^{-14}$ .

У чистій воді  $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7}$  (22 °C) – середовище нейтральне. При  $[\text{H}^+] > 10^{-7}$  розчини мають кислу реакцію, при  $[\text{H}^+] < 10^{-7}$  – лужну.

Концентрацію іонів водню звичайно виражають водневим показником  $\text{pH} = -\lg[\text{H}^+]$ . Нейтральні розчини мають  $\text{pH} = 7$ ; кислі –  $\text{pH} < 7$ ; лужні –  $\text{pH} > 7$ . Активна реакція більшості природних вод близька до нейтральної ( $\text{pH} = 6,8\text{--}7,3$ ). Вода



залишається придатною для пиття, якщо її рН знаходиться в діапазоні 6,5–7,5.

Величину рН визначають колориметричним і потенціометричним методами.

*Потенціометричний метод* дає найбільш точне визначення активної концентрації іонів гідрогену та рН. В основу методу покладено вимірювання електрорушійної сили (е.р.с.) гальванічного ланцюга, що складається з двох електродів: скляного (індикаторного) та хлорсрібного електроду порівняння.

Згідно рівняння градуовальної характеристики е.р.с. такого ланцюга дорівнює:

$$E = E^0 - \theta pH,$$

де  $E$  – е.р.с. чарунки;

$E^0$  – постійна складова е.р.с., яка включає потенціал електроду порівняння, постійну складову скляного електроду, залишковий дифузний потенціал на межі розділення напівелемент порівняння / розчин, який аналізується;

$\theta$  – кутовий коефіцієнт градуовальної характеристики.

Значення  $E^0$  і  $\theta$  знаходять при градуванні чарунки. Для цього вимірюють е.р.с. буферних розчинів з відомим значенням рН. Згідно рівняння для двох буферних розчинів маємо:

$$\begin{aligned} E_1 &= E^0 - \theta pH_{e1} \\ E_2 &= E^0 - \theta pH_{e2}, \end{aligned}$$

де  $E_1$  і  $E_2$  – значення е.р.с.,

$pH_{e1}$ ,  $pH_{e2}$  – величини  $pH$  першого та другого буферних розчинів. Звідси:

$$\theta = \frac{E_1 - E_2}{pH_{e2} - pH_{e1}};$$

$$E^0 = E_1 + \theta pH_{e1}$$

Для нормального функціонування скляного електроду, не допускають пересихання його мембрани, тому в період між вимірюваннями електрод зберігають у дистильованій воді. Оскільки робоча частина електроду – скляна кулька дуже крихка, то під його час експлуатації потрібно не допускати грубих механічних дій. Перед вимірюванням е.р.с. робочу частину електродів промивають дистильованою водою і промокають фільтрувальним папером (не терти!). В ході вимірювання робоча частина повинна повністю занурюватись у розчин, не доторкуючись дна і стінок склянки та корпусу напівелементу порівняння.

## **1. Підготовка потенціометричного прибору до вимірювання та порядок виконання роботи**

1.1. Включити вимірювальний прилад у мережу (кнопка «сеть» на приладі). При цьому повинна спалахнути сигнальна лампочка під шкалою приладу. Залишити прилад для прогрівання на 30–40 хвилин.

1.2. Тумблер «рід роботи» на передній панелі рН-метра поставити в положення «m ▼», а перемикач «діапазон» – в положення «–1–4».

1.3. Закріпити в штативі скляний електрод і підключити його штекер у гніздо «изм.» на задній панелі приладу. Потрібно слідкувати, щоб металева частина штекера повністю ввійшла в гніздо. Закріплений напівелемент порівняння підключають до гнізда «всп.».

1.4. Перед кожним вимірюванням промити робочі частини скляного електроду та напівелемента порівняння дистильованою водою. Залишки води промокнути фільтрувальним папером.

1.5. Після занурення в буферний розчин або розчин для аналізу дочекатись стабільних показників приладу: положення стрілки не повинно змінюватись протягом 2–3 хвилин. Записати показники приладу в мВ.

1.6. По закінченню роботи промити електроди дистильованою водою та вийняти з штатива. Скляний електрод зберігають в склянці з дистильованою водою, а напівелемент порівняння – в склянці з насиченим розчином хлориду калію.

### Хід роботи

#### 1. Градування рН-метричної чарунки.

В склянку місткістю 50 мл налити 30–35 мл одного з буферних розчинів ( $pH_1$ ), занурити в нього електроди та виміряти е.р.с. ( $E_1$ ). Таким же чином виміряти е.р.с. ( $E_2$ ) другого буферного розчину ( $pH_2$ ). За вище наведеними формулами розрахувати градувальні параметри  $E^0$  і  $\theta$ .

#### 2. Визначення рН аналізованої води

В стакан місткістю 50 мл налити 30–35 мл досліджуваної води, занурити в нього скляний електрод і напівелемент порівняння та виміряти е.р.с. ( $E_x$ ). розрахувати значення  $pH_x$  в досліджуваній воді за формулою:

$$pH_x = \frac{E^0 - E_x}{\theta}$$

### Оформлення результатів роботи

Записати результати вимірювань і розрахунків у лабораторний журнал.

### Контрольні запитання і завдання

1. Які сполуки зумовлюють кислотність та лужність природних вод?
2. Розрахувати концентрації водневих іонів та  $pH$  0,0001 моль/л розчинів  $HCl$  і  $H_2SO_4$ .
3. Чому дорівнює  $pH$  розчину з концентрацією  $OH^-$  іонів у  $10^{-4}$  моль/л ?
4. Визначити  $pH$  та  $pOH$  0,01 молярних розчинів  $KOH$  і  $Ca(OH)_2$
5. Визначити концентрацію  $H^+$ -іонів у розчині з  $pH = 9$ .

### Лабораторна робота № 10–11. ВИЗНАЧЕННЯ КИСЛОТНОСТНО-ЛУЖНОГО СТАНУ ВОДИ

**Мета роботи:** ознайомитися з теоретичними основами методу кислотно-лужного титрування. Визначити рівень кислотності та лужності природної води з різних джерел методом кислотно-лужного титрування.

## 1. Визначення кислотності води

Кислотність – це концентрація у воді речовин, що взаємодіють з сильними лугами, тобто вступають в реакцію з гідроксид-іонами (ОН<sup>-</sup>). До цих речовин належать сильні кислоти (сульфатна, хлоридна, нітратна, хлорна), які у водному розчині повністю дисоціюють на іони, слабкі кислоти (ацетатна, сульфідна, карбонатна) та катіони слабких основ, які у воді гідролізують з виділенням протонів (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Al<sup>2+</sup>, катіони органічних основ). В звичайних природних водах кислотність в більшості випадків залежить лише від вмісту вільного вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>). Природну частину кислотності утворюють також гумінові та інші слабкі органічні кислоти. Якщо показник рН води нижчий за 4,5, то частина загальної кислотності, яка його знижує нижче 4,5, називається вільною. При значенні рН води більшому за 8,3, її кислотність дорівнює 0.

### Хід роботи

*Обладнання і реактиви:* конічні колби, штатив, бюретка, піпетки, фенолфталеїн (1% спиртовий розчин) метиловий жовтий (0,1% розчин у 90%-му спирті), розчин NaOH, 0,1 моль/л.

Під час визначення кислотності титрування з різними індикаторами потрібно виконувати в окремих порціях аналізованої води.

*Визначення вільної кислотності проводять*, якщо рН аналізованої води нижчий за 4,5. До взятої проби аналізованої води (100 мл) додають 5–6 крапель метилового жовтого. Пробу титрують розчином NaOH до зміни забарвлення розчину (інтервал рН переходу метилового жовтого складає 2,9–4,0) – від червоного до жовтого. Кислотність води  $X$  визначають за формулою:

$$X = \frac{V_1 \times K \times C \times 1000}{V}, \text{ ммоль} \times \text{екв/л},$$

де  $V_1$  – об'єм розчину NaOH, який пішов на титрування, мл;

$V$  – об'єм води, взятої для аналізу, мл;

$K$  – поправочний коефіцієнт для розчину NaOH;

$C$  – молярна концентрація розчину титранту.

*Визначення загальної кислотності.* До 100 мл аналізованої води додають 5–6 крапель розчину фенолфталеїну і титрують розчином NaOH на білому фоні до появи рожевого забарвлення, яке не зникає. При застосуванні в якості індикатора фенолфталеїну (перехід забарвлення при рН = 8,2–10,0) відбувається нейтралізація всіх кислот, в тому числі і слабких.

$$A = \frac{V_2 \times K \times C \times 1000}{V}, \text{ ммоль} \times \text{екв/л},$$

де  $V_2$  – об'єм розчину NaOH, який пішов на титрування води по фенолфталеїну, мл;

$V$  – об'єм води, взятої для аналізу, мл;

$K$  – поправочний коефіцієнт для розчину NaOH при  $c = 0,1$  моль/л;

$C$  – молярна концентрація розчину титранту.

Примітка: якщо показник рН вищий за 8,3 – кислотність даної води дорівнює нулю.

## 2. Визначення лужності води

Лужність – це вміст у воді деяких компонентів, що здатні з'єднуватися з еквівалентною кількістю сильної кислоти. Умовно їх можна поділити на три групи (гідроксиди лужних і лужноземельних металів) слабкі основи (решта гідроксидів) та аніони слабких кислот ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ; аніони гумінових кислот тощо). Лужність визначається кількістю сильної кислоти, необхідною для заміщення вказаних іонів.

Визначенню лужності води перешкоджають наступні чинники:

- інтенсивне забарвлення води (усувають додаванням активованого вугілля з подальшим фільтруванням проби);
- вільний хлор, який знебарвлює індикатор (видаляють вводючи у воду еквівалентну кількість тіосульфату натрію з  $c = 0,1$  моль/л);
- високий вміст вуглекислого газу (перешкоджає правильному визначенню переходу забарвлення індикатора при титруванні, тому його витісняють, пропускаючи крізь воду повітря).

### Хід роботи

*Обладнання і реактиви:* конічні колби, штатив, бюретка, піпетки, фенолфталеїн (1% спиртовий розчин) метилоранж (0,1% розчин у 90%-му спирті), розчин  $\text{HCl}$ , 0,1 моль/л

Якщо аналізована вода каламутна – її фільтрують; при інтенсивному забарвленні – розбавляють дистильованою водою у мірних колбах місткістю 100 або 200 мл. Взятий об'єм води враховують під час розрахунку результатів аналізу.

У конічну колбу наливають 100 мл аналізованої води, додають 5 крапель 0,1% розчину фенолфталеїну і титрують 0,1 моль/л розчином  $\text{HCl}$  на білому фоні до зникнення рожевого забарвлення. Кількість витраченої на титрування кислоти  $V_1$  відповідає лужності води за фенолфталеїном, тобто вмісту в ній **слабких основ**.

Потім у колбу додають 5–6 крапель метилоранжа і продувають повітря протягом 2–3 хвилин та титрують розчином  $\text{HCl}$  на білому фоні до переходу забарвлення із жовтого в жовтогарячий колір. Знову продути повітрям, якщо забарвлення повернеться до жовтого, в такому випадку розчин дотитровують. Титрування вважають закінченим, якщо після продування повітрям забарвлення розчину не змінюється. Витрата титранту  $V_2$  на друге титрування свідчить про вміст у воді **аніонів слабких кислот**.

Загальний об'єм витраченої кислоти відповідає загальній лужності води. Розрахунки виконують за формулою:

$$X = \frac{(V_1 + V_2) \times K \times C \times 1000}{V}, \text{ ммольекв/л,}$$

де  $V_1 + V_2$  – загальний об'єм витраченої на титрування  $\text{HCl}$ , мл ;

$V$  – об'єм аналізованої води, мл;

$K$  – поправочний коефіцієнт для розчину  $\text{HCl}$  при  $c=0,1$  моль/л;

$C$  – молярна концентрація розчину титранту.

Якщо значення показника рН води нижче за 4,5 – лужність такої води дорівнює нулю.

### Контрольні запитання і завдання

1. Наведіть приклади впливу зниження показника рН на процеси у водних розчинах.
2. Чи впливає показник рН води на організм гідробіонтів?
3. Чому при підкисленні води спостерігається отруєння водних організмів важкими металами?

### Лабораторна робота № 12. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ КАРБОНАТНОЇ ТВЕРДОСТІ ВОДИ МЕТОДОМ КИСЛОТНО-ЛУЖНОГО ТИТРУВАННЯ

**Мета роботи:** Освоїти поняття «твердість води» та види твердості природних вод. Ознайомитися з теоретичними основами методу кислотно-лужного титрування. Освоїти методику визначення загальної карбонатної твердості води методом кислотно-лужного титрування

#### Теоретичні відомості

Твердість води характеризують молярною концентрацією еквівалентів кальцію та магнію ( $f_{\text{екв}} = \frac{1}{2}$ ) та виражають в ммоль×екв/л. Виділяють *тимчасову* (карбонатну), яку можна усунути, та *постійну* твердість. Тимчасова твердість води визначається вмістом у воді гідрокарбонатів, які при кипінні розкладаються:

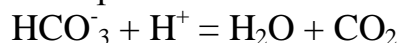


Твердість води при цьому зменшується або усувається. При кипінні разом з карбонатами відбувається осадження і деяких інших сполук.

Постійна твердість викликається наявністю у воді інших солей, окрім гідрокарбонатів, і при кипінні не зменшується. Сума карбонатної та постійної твердості води складає загальну твердість.

Титрометричний аналіз засновано на точному вимірі об'єму стандартного розчину реагенту (титранту), який використано на реакцію з речовиною, яку визначають. Визначення об'єму титранту заданої концентрації, який відповідає еквівалентній кількості речовини, що аналізують, проводять за допомогою індикатора.

Карбонатну твердість визначають титруванням води соляною кислотою в присутності індикатора – метилового оранжевого:



Якщо на об'єм води  $V(\text{H}_2\text{O})$  мл затрачено  $V(\text{HCl})$  мл соляної кислоти з молярною концентрацією  $c(\text{HCl})$ , то карбонатна твердість води:

$$X = \frac{C_{\text{HCl}} \times V_{\text{HCl}} \times 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (\text{ммоль} \times \text{екв/л})$$

## **1. Визначення загальної карбонатної твердості**

**Обладнання і реактиви:** Конічна колба ємністю 250 мл; скляна лійка; беззольні фільтри; циліндр; титрований розчин HCl з концентрацією 0,1 М; індикатор – метиловий оранжевий.

### **Хід роботи**

В колбу на 200-250 мл відбирають циліндром 100 мл води. Аналізовану воду титрують розчином HCl,  $c=0,1$  моль/л з метиловим оранжевим до появи оранжевого кольору, який не зникає під час кипіння.

Загальну карбонатну твердість води обчислюють за формулою:

$$X = \frac{C \times V_1 \times 1000}{V_2}, \text{ ммольекв / л } ,$$

де  $C$  – молярна концентрація розчину хлоридної кислоти, моль/л;

$V_1$  – об'єм розчину хлоридної кислоти, мл;

$V_2$  – об'єм води, взятої на аналіз, мл.

## **2. Визначення залишкової карбонатної твердості**

Порцію води об'ємом 200 мл кип'ятять у конічній колбі протягом 1 год. Після охолодження переносять у мірну колбу місткістю 200 мл, доводять об'єм до риски дистильованою водою і фільтрують. Титрують 100 мл фільтрату 0,1 М розчином хлоридної кислоти (HCl) з метилоранжем до появи оранжевого кольору.

За різницею між загальною карбонатною та залишковою карбонатною твердістю обчислюють тимчасову твердість води, яка усувається під час кипіння.

### **Оформлення результатів роботи**

Результати роботи і висновки заносять в лабораторний журнал.

### **Контрольні запитання і завдання**

1. Що Ви розумієте під поняттям “карбонатна твердість”.
2. Що Ви розумієте під поняттям “постійної твердості”?
3. Яку із вище згаданих твердість води можна усунути і яким чином?
4. Чи впливає тривале споживання води з високим вмістом іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  на здоров'я людини і як саме?
5. Чому в м'яких водах ГДК алюмінію значно нижча, ніж у твердих?
6. Чи є у водних системах організми, що знижують вміст кальцію?

## **Лабораторна робота № 13. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ТВЕРДОСТІ ВОДИ МЕТОДОМ КОМПЛЕКСОНОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ**

**Мета роботи:** Вивчити типи твердості природних вод та способи їх усунення. Ознайомитися з теоретичними основами методу трилонометричного титрування.

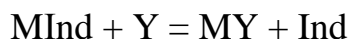
Освоїти методику визначення загальної твердості води методом комплексометричного титрування.

### Теоретичні відомості

Комплексометрія – це титриметричний метод аналізу, заснований на використанні реакції іонів металів з речовинами – комплексонами. Комплексонометрія – це група солей поліамінкарбонових кислот, які знаходяться у воді в вигляді біполярного іону. До комплексонів відноситься реактив трилон Б (двонатрієва сіль етилендіамінтетраоцтової кислоти  $\text{EDTANa}_2$ , комплексон III), який у водних розчинах з іонами металів ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) в результаті реакцій утворює комплексні сполуки. Це стійкі, розчинні у воді внутрішньокомплексні солі.

Під комплексними сполуками розуміють частку, утворену двома чи більшим числом часток, здатних до самостійного існування (однією з складових часток може бути іон металу).

Якщо в присутності індикатора титрувати трилоном Б розчинені у воді солі, до складу яких входять іони металів, можна точно визначити концентрацію металоіонів в розчині, оскільки реакція між ними протікає у стехіометричному співвідношенні. В точці еквівалентності початковий колір комплексної сполуки індикатора з катіоном, який визначають, зникає і з'являється колір, притаманний самому індикатору. Спрощена схема рівняння реакції, яка враховує комплекс метала з індикатором, виглядає так:



При титруванні використовують металоіндикатори, які утворюють з металоіонами інтенсивно забарвлені комплексні сполуки. Наприклад, для визначення іонів  $\text{Fe}^{2+}$  використовують сульфосаліцилову кислоту, або роданід калію; для визначення  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  – мурексид; для визначення  $\text{Mg}^{2+}$  або  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  – еріохром чорний Т.

Твердість води характеризують молярною концентрацією еквівалентів кальцію та магнію ( $f = 1/2$ ) і виражають в ммоль×екв/л.

**Обладнання і реактиви:** Конічна колба об'ємом 250 мл; скляна лійка; беззольні фільтри; циліндр; титрований розчин трилону Б з концентрацією 0,1 М; аміачний буферний розчин ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$ ) з рН близько 9,5; індикатор – еріохром чорний Т.

### Хід роботи

У конічну колбу за допомогою циліндру відміряти 100 мл води для аналізу, додати 5 мл аміачного буферного розчину, 4–5 крапель розчину індикатора еріохрому чорного Т. Якщо у воді присутні  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ -іони, то розчин забарвлюється у винно-червоний колір.

Підготовану пробу відтитрувати 0,1 М розчином трилону Б до зміни кольору на синій, який притаманний індикатору. Визначити об'єм трилону Б, що пішов на титрування. Дослід повторити тричі (результати титрування не повинні розбігатися більше ніж на 0,1–0,2 мл). Знайти середнє значення об'єму розчину трилону Б, який пішов на титрування.

### Оформлення результатів роботи:

Результати титрування записати в таблицю

Таблиця

Номер проби	Об'єм води $V_{\text{в}}$ , мл	Об'єм трилону Б, $V_{\text{тр. Б}}$ , мл	Концентрація $C_{\text{тр. Б}}$ , М

Розрахувати загальну твердість води (ммоль×екв/л) за формулою:

$$T_{\text{заг}} = V_{\text{тр. Б}} \times C_{\text{тр. Б}} \times 1000 / V_{\text{в}},$$

де  $T_{\text{заг}}$  – загальна твердість аналізованої води, ммоль×екв/л;

$V_{\text{тр. Б}}$  – об'єм трилону Б, що пішов на титрування, мл;

$C_{\text{тр. Б}}$  – молярна концентрація розчину трилону Б, М;

$V_{\text{в}}$  – об'єм води, взятої для аналізу, мл.

### Контрольні запитання і завдання

1. Що Ви розумієте під поняттям «загальна твердість води»?
2. Чи тотожні поняття «комплексна сполука» і «комплексон»?
3. Як впливає твердість води на здоров'я людини?

## Лабораторна робота № 14. ОКРЕМЕ ВИЗНАЧЕННЯ КАЛЬЦІЄВОЇ ТА МАГНІЄВОЇ ТВЕРДОСТІ ВОДИ КОМПЛЕКСОНОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

**Мета роботи:** Освоїти методику окремого визначення вмісту  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  іонів у воді при їх сумісній присутності методом комплексонометричного титрування.

### Теоретичні відомості

Твердість води – наявність у воді розчинених солей магнію і кальцію. Від типу твердості залежить ступінь взаємодії води з іншими речовинами.

Тверда вода не дає стійку мильну піну, має гіркуватий чорнильний присмак. При кипінні утворює вапняковий наліт. Постійне вживання води з підвищеною твердістю (більше 10 ммоль×екв/л) може привести до накопичення солей в організмі, порушення мінерального обміну та захворювань ШКТ. В свою чергу, м'яка вода змінює баланс мінеральних речовин в організмі, підвищує ризик серцево-судинних захворювань. Твердість води господарських водопроводів не повинна бути більшою за 7 моль/м<sup>3</sup>.

Окреме визначення вмісту іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  у воді при їх сумісній присутності базується на титруванні води двома індикаторами – еріохромом чорним Т і мурексидом. При титруванні з еріохромом чорним Т визначається сумарний вміст кальцію і магнію (див. лаб. робота № 13) у воді, наступне титрування іншої проби з мурексидом в лужному середовищі дає змогу визначити концентрацію іонів  $\text{Ca}^{2+}$ .

Для визначення вмісту іонів  $\text{Mg}^{2+}$  у аналізованій воді необхідно знайти різницю між об'ємом трилону Б, що пішов на титрування іонів  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$  з індикатором еріохромом чорним Т, і об'ємом трилону Б, що пішов на титрування іонів  $\text{Ca}^{2+}$  в присутності мурексида.



## Хід роботи

**1. Визначення кальцієвої твердості та вмісту іонів  $\text{Ca}^{2+}$ .** В конічну колбу за допомогою циліндра відміряти 100 мл води, що досліджувалась у попередній роботі, додати 5 мл 20%-го розчину гідроксиду калію КОН або NaOH, внести на кінчику шпателя 30–40 мг мурексиду. Якщо в розчині присутні  $\text{Ca}^{2+}$ -іони, то розчин забарвлюється у вишнево-червоний колір. Підготовану пробу відтитрувати 0,1 М розчином трилону Б до зміни кольору на синьо-фіолетовий. Цей колір притаманний взятому індикатору. Визначити об'єм трилону Б, який пішов на титрування. Дослід повторити тричі (результати титрування не повинні розбігатися більше ніж на 0,1–0,2 мл). Знайти середнє значення об'єму розчину трилону Б, який пішов на титрування ( $V_{\text{серед}}$ ).

**2. Визначення загальної твердості води.** В конічну колбу за допомогою циліндра відміряти 100 мл відібраної для дослідження води, додати 5 мл аміачного буферного розчину ( $\text{NH}_4\text{OH} + \text{NH}_4\text{Cl}$ ), 4–5 крапель індикатора еріохрому чорного Т. Підготовану пробу відтитрувати 0,1 М розчином трилону Б до зміни кольору на синій. Визначити об'єм трилону Б, який пішов на титрування. Дослід повторити тричі (результати титрування не повинні розбігатися більше ніж на 0,1–0,2 мл). Знайти середнє значення об'єму трилону Б, який пішов на титрування.

### Оформлення результатів роботи

Результати титрування записати в таблицю

Номер проби	Об'єм води $V_{\text{в}}$ , мл	Об'єм трилону Б $V_{\text{тр. Б}}$ , мл			Концентрація трилону Б М, $C_{\text{тр. Б}}$
		$\text{Ca}^{2+}$ $V_{1 \text{ тр. Б}}$	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ $V_{\text{заг}}$	$\text{Mg}^{2+}$ $V_{2 \text{ тр. Б}}$	

Розрахувати загальну твердість води (ммоль×екв/л) за формулою. Розрахувати кальцієву твердість води  $T_{\text{Ca}}$  (ммоль×екв/л) та вміст кальцію  $m_{\text{Ca}^{2+}}$  (мг/л) за формулами:

$$T_{\text{Ca}} = V_{1 \text{ тр. Б}} \times C_{\text{тр. Б}} \times 1000 / V_{\text{в}},$$

де  $T_{\text{Ca}}$  – кальцієва твердість аналізованої води, ммоль×екв/л;

$V_{1 \text{ тр. Б}}$  – об'єм трилону Б, що пішов на титрування кальцію, мл;

$C_{\text{тр. Б}}$  – концентрація розчину трилону Б, М;

$V_{\text{в}}$  – об'єм води, взятої для аналізу.

$$m_{\text{Ca}} = V_{1 \text{ тр. Б}} \times C_{\text{тр. Б}} \times 20,04 \times 1000 / V_{\text{в}} = T_{\text{Ca}} \times 20,04$$

**20,04** – молярна маса еквіваленту  $\text{Ca}^{2+}$ , г/моль.

$V_{1 \text{ тр. Б}}$  – об'єм трилону Б, що пішов на титрування  $\text{Ca}^{2+}$ , мл;

$C_{\text{тр. Б}}$  – концентрація розчину трилону Б, М;

$V_{\text{в}}$  – об'єм води, взятої для аналізу, мл.

Розрахувати магнієву твердість  $T_{\text{Mg}}$  (ммоль×екв/л) та вміст магнію  $m_{\text{Mg}^{2+}}$  (мг/л) за формулами:

$$V_{2 \text{ тр. Б}} = V_{\text{заг}} - V_{1 \text{ тр. Б}},$$

де  $V_{2 \text{ тр. Б}}$  – об’єм трилону Б, що пішов на титрування  $\text{Mg}^{2+}$ , мл;

$V_{\text{заг}}$  – об’єм трилону Б, що пішов на титрування сумісного вмісту  $\text{Ca}^{2+}$  і  $\text{Mg}^{2+}$ ;

$V_{1 \text{ тр. Б}}$  – об’єм трилону Б, що пішов на титрування  $\text{Ca}^{2+}$ , мл;

$$T_{\text{Mg}} = V_{2 \text{ тр. Б}} \times C_{\text{тр. Б}} \times 1000 / V_{\text{в}},$$

де  $T_{\text{Mg}}$  – магнієва твердість води;

$V_{2 \text{ тр. Б}}$  – об’єм трилону Б, що пішов на титрування  $\text{Mg}^{2+}$ , мл;

$C_{\text{тр. Б}}$  – концентрація розчину трилону Б, М;

$V_{\text{в}}$  – об’єм води, взятої для аналізу, мл.

$$m_{\text{Mg}} = V_{2 \text{ тр. Б}} \times C_{\text{тр. Б}} \times 12,15 \times 1000 / V_{\text{в}} = T_{\text{Mg}} \times 12,15,$$

де 12,15 – молярна маса еквіваленту  $\text{Mg}^{2+}$ , г/моль;

$V_{2 \text{ тр. Б}}$  – об’єм трилону Б, що пішов на титрування  $\text{Mg}^{2+}$ , мл;

$C_{\text{тр. Б}}$  – концентрація розчину трилону Б, М;

$V_{\text{в}}$  – об’єм води, взятої для аналізу, мл.

Отримані результати і висновки записати в лабораторний журнал.

### **Контрольні запитання і завдання**

1. Чи вірно зроблений аналіз води, якщо загальна твердість води дорівнює 6 ммоль/л, вміст іонів  $\text{Ca}^{2+}$  - 150 мг/л,  $\text{Mg}^{2+}$  - 28 мг/л ?

2. Визначити дозу  $\text{CaO}$  (мг/л) необхідну для обробки води з такими даними: карбонатна твердість 4,5 ммоль/л, вільний  $\text{CO}_2$  - 15 мг/л, надлишок  $\text{CaO}$  приймається 0,25 ммоль /л.

3. Розрахувати гідрокарбонатну твердість води, якщо у 100 л її міститься 70 г гідрокарбонату кальцію та 40 г гідрокарбонату магнію.

4. Які індикатори використовуються в комплексонометрії для окремого визначення іонів  $\text{Ca}^{2+}$  та  $\text{Mg}^{2+}$  при їх спільній присутності ?

5. Визначити загальну твердість води, якщо у 500 л її міститься 202,5 г  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  та 109,5 г  $\text{Mg}^{2+}(\text{HCO}_3)_2$ .

### **Лабораторна робота № 15. ВИЗНАЧЕННЯ ОКИСНЮВАНOSTІ ВОДИ МЕТОДОМ ПЕРМАНГАНАТОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ**

**Мета роботи:** Ознайомитись з теоретичними основами окиснюваності води. Вивчити фактори, що зумовлюють окиснюваність води, ознайомитися з методикою перманганатометричного визначення окиснюваності води.

#### **Теоретичні відомості:**

Окиснюваність – (здатність до окиснення) – це загальний вміст у воді відновників (органічних і неорганічних), що реагують з сильними окисниками (наприклад, біхроматом, перманганатом та ін.). Вона зумовлюється забрудненням води побутовими стоками, а також наявністю у воді органічних речовин та неорганічних речовин, що легко окислюються: сірководню, сульфатів, нітритів, іонів двовалентного заліза та ін. Органічні домішки стічних вод, внаслідок їх

різноманітності, складності і трудомісткості аналізу, безпосередньо не визначаються.

Окиснюваність води характеризується кількістю кисню, потрібного на окислення органічних речовин і відновників ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  та ін.), дає величину ХСК – *хімічного споживання кисню*. Ця величина служить показником вмісту органічних і неорганічних домішок у стічних водах. ХСК – це маса кисню (мг), необхідна для окислення речовин, які містяться в 1 л досліджуваної води (мг/л  $\text{O}_2$ ). Окиснюваність артезіанської води складає до 2 мг/л  $\text{O}_2$ ; окиснюваність ґрунтових вод – не більше 4 мг/л  $\text{O}_2$ ; річної чистої води – 2–8 мг/л  $\text{O}_2$ ; болотних вод близько 400 мг/л  $\text{O}_2$ . Підвищення окиснюваності є сигналом забруднення джерела водопостачання побутовими стоками, тому *показники окиснюваності* є гігієнічною характеристикою води.

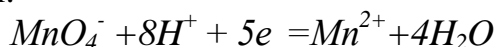
Вміст неорганічних речовин у воді може бути точно визначений спеціальними методами. Вміст органічних речовин у воді можна визначити, якщо від загальної кількості окисника відняти кількість окисника, необхідного для окислення тільки неорганічних домішок.

Залежно від окисників і повноти окислення органічних речовин розрізняють перманганатну ( $\text{KMnO}_4$ ) і дихроматну ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) окиснюваність. Ступінь окислення органічних речовин дихроматним методом зазвичай складає 95–98 %.

Методика визначення ХСК залежить від концентрації хлорид-іонів у воді. Якщо вміст хлорид-іонів  $\text{Cl}^-$  менше 10 мг/л, ХСК визначають в кислому середовищі (метод Кубеля). При значному вмісті хлорид-іонів  $\text{Cl}^-$  використовують метод Шульца (окислення в лужному середовищі).

*Перманганатна окиснюваність*, яка використовується при аналізі природних вод, характеризує кількість органічних домішок, що легко окислюються перманганатом калію. Цим методом вдається визначити близько 50 % органічних речовин, розчинених у воді.

В основі перманганатного методу (методу Кубеля) лежить реакція окислення речовин, присутніх у пробі води, 0,01 М розчином перманганату калію в сірчанокиислому середовищі при кипінні. Відновлення  $\text{KMnO}_4$  в кислому середовищі протікає згідно схеми рівняння:



За рівнянням реакції можна розрахувати кількість кисню, що еквівалентна 1 мг  $\text{KMnO}_4$ , виходячи із пропорції:

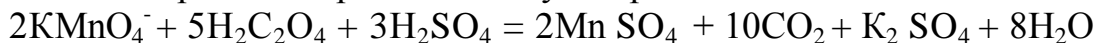
$$2 \times 158 \text{ мг } \text{KMnO}_4 - 80 \text{ мг } \text{O}_2;$$

$$1 \text{ мг } \text{KMnO}_4 - x \text{ мг } \text{O}_2.$$

$$\text{Звідки } x = 0,253 \text{ мг.}$$

Використовуючи це співвідношення, окиснюваність виражають числом міліграмів  $\text{KMnO}_4$  на 1 л води, або числом міліграмів  $\text{O}_2$  на 1 л води.

Надлишок введеного стандартного розчину  $\text{KMnO}_4$  відтитрують розчином щавлевої кислоти. В розчині протікає наступна реакція:



Воду, взятую для дослідження ХСК, попередньо фільтрують через паперовий фільтр, промитий гарячою дистильованою водою.

**Обладнання і реактиви:** Конічна колба, місткістю 300 мл, електрична плитка, піпетки Мора, 4 М розчин сірчана кислота  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , розчин перманганату калію з концентрацією 0,01 М, розчин щавлевої (оксалатної) кислоти  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ , концентрація 0,01 М.

### **Хід роботи**

У конічну колбу місткістю 250 мл відбирають 100 мл води для аналізу; додають 5 мл  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:3) і приливають з бюретки 10 мл 0,01 М розчину  $\text{KMnO}_4$ . Має з'явитися інтенсивне рожеве забарвлення. Суміш нагріти до кипіння за 5 хвилин і кип'ятити точно 10 хвилин, закривши колбу конічною лійкою, щоб зменшити випаровування рідини. Спостерігають за забарвленням. Якщо забарвлення суміші під час кипіння дуже ослаблюється, додають ще декілька мл розчину перманганату калію і знову кип'ятять. Зафіксувати в журналі сумарний об'єм доданого розчину перманганату калію.

Зняти колбу з плити і до гарячого розчину обережно внести піпеткою 10 мл 0,01 М розчину щавлевої кислоти. Вміст колби перемішують до знебарвлення розчину, залишок  $\text{KMnO}_4$  відновлюється щавлевою кислотою. Гарячу суміш титрують 0,01 М  $\text{KMnO}_4$  ( $V_1$ ) до появи рожевого забарвлення для нейтралізації надлишку щавлевої кислоти. Одночасно з аналізом досліджуваної проби провести холостий дослід з дистильованою водою, не пропускаючи жодної стадії аналізу ( $V_2$ ).

### **Оформлення результатів роботи**

Величину перманганатної окиснюваності розрахувати за формулою:

$$XCK = (V_1 - V_2) \times 80 / W,$$

де  $V_1$  і  $V_2$  – еквівалентні об'єми перманганату калію, витрачені на титрування аналізованої і холостої проб, мл;

W – об'єм взятої проби води, мл.

Записати рівняння реакцій і результати титрування.

Для переведення окиснюваності у кисневі одиниці необхідно перманганатну окиснюваність, виміряну у мг/л, помножити на 0,253, оскільки 1 мг  $\text{KMnO}_4$  еквівалентний 0,253 мг кисню.

### **Контрольні запитання і завдання**

1. Що ви розумієте під поняттям «окиснюваність води»?
2. Про що свідчить висока окиснюваність води?
3. Які методи використовують для визначення окиснюваності води?
4. Як впливає висока окиснюваність води на живі організми?

## **Лабораторна робота № 16. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛИШКОВОГО ХЛОРУ В ВОДІ МЕТОДОМ ЙОДОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ**

**Мета роботи:** Ознайомитися з теоретичними основами методу йодометричного титрування. Освоїти методики визначення і розрахунку залишкового хлору у воді.

## Теоретичні відомості

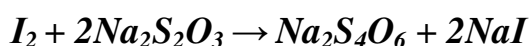
Найпоширенішим методом знезаражування води є її хлорування. Сутність знезаражуваної дії хлору полягає в окисленні органічних речовин, які входять до складу протоплазми клітин бактерій.

Хлор – надзвичайно токсична сполука, тому залишковий вміст хлору в очищеній воді контролюють. У питній воді він не повинен перевищувати 0,5 мг/л. Хлор легко взаємодіє з численними органічними речовинами, зокрема з фенолами, утворюючи надзвичайно отруйні діоксини. Тому в багатьох країнах для знезараження питної води відмовилися від використання хлору та його сполук, замінюючи його озоном, ультрафіолетовим випромінюванням, радіаційними методами.

Хлор та його активні сполуки надходять у водойми зі стічними водами виробництва хлору, пестицидів, підприємств органічного синтезу тощо.

Кількість хлору, що поглинається в результаті його взаємодії з речовинами, які містяться у воді, називається *хлоропоглинанням води*. Хлоропоглинання визначається кількістю хлору (мг/л), який витрачається при його 30-хвилинному контакті з досліджуваною водою.

Метод йодометрії, який лежить в основі визначення хлору, базується на реакції окислення йодиду калію вільним хлором. Він включає сумарне визначення сполук  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{ClO}$ ,  $\text{HClO}$ ,  $\text{NH}_2\text{Cl}$ ,  $\text{NHC}_2$ , які використовуються чи утворюються в процесі хлорування питної води. При підкисленні досліджуваної води і додаванні йодиду калію названі сполуки в результаті реакції утворюють вільний йод, який відтитровують розчином тіосульфату натрію. В якості індикатора використовують крохмаль, який утворює з йодом адсорбційну сполуку синього кольору. До аналізованого розчину крохмаль додають наприкінці титрування, коли розчин набуває солом'яно-жовтого кольору, тому що високі концентрації йоду розрушають крохмаль. Вміст «активного» хлору виражають у міліграмах на літр.



*Обладнання і реактиви* : Конічна колба з притертою пробкою; штатив; бюретка; йодид калію, кристалічний; ацетатна кислота  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , 30 % розчин; розчин тіосульфату натрію,  $\text{C}=0,01$  або  $0,005$  моль/л; крохмаль, 0,5 %-й розчин.

### Хід роботи

У конічну колбу за допомогою циліндра відміряти 100 мл досліджуваної води, додати у воду в надлишку (0,5 г)  $\text{KI}$  і 10 мл 30 % розчину ацетатної кислоти. Колбу накрити фільтрувальним папером і поставити на 5–7 хвилин у темне місце (для повноти реакції окислення). Йод, що виділився, відтитрувати розчином тіосульфату натрію  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  до появи солом'яно-жовтого кольору. Після цього ввести 1–2 мл розчину крохмалю і продовжити титрування до знебарвлення розчину.

### Оформлення результатів роботи

Розрахувати вміст вільного хлору  $\text{X}_{\text{Cl}^-}$  (мг/л) за формулою:

$$X_{\text{Cl}_2} = V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times C(1/2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \times 0,355 \times 1000 / V_{\text{B}}, \text{мг/л}$$

де  $V_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}$  – об'єм розчину тіосульфату натрію, який пішов на титрування, мл;

$C(1/2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)$  – молярна концентрація еквіваленту  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , моль/л;

**0,355** – кількість хлору, еквівалентна 1 мл розчину  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$  з концентрацією 0,01 моль/л, мг·;

$V_{\text{B}}$  – об'єм води, взятої для аналізу, мл;

**1000** – перехідний коефіцієнт від г до мг.

### **Контрольні запитання і завдання**

1. Дайте визначення поняття «активний хлор»?
2. Які токсичні сполуки можуть утворюватися під час хлорування природних поверхневих вод, збагачених органічними речовинами?
3. Назвіть альтернативні методи знезараження води.

## **Лабораторна робота № 17. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗЧИНЕНОГО КИСНЮ У ВОДІ МЕТОДОМ ЙОДОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ**

**Мета роботи:** Знайомство з теоретичними основами визначення кисню у воді. Оволодіння методом йодометричного титрування. для визначення концентрації кисню, розчиненого у воді,

### **Теоретичні відомості**

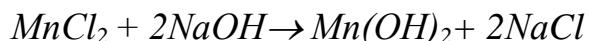
Кисень, подібно до інших газів, розчинний у воді. Джерелом кисню, розчиненого у воді, є повітря і рослини, що населяють верхні шари води. Максимальна концентрація кисню при розчиненні повітря в воді при  $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  дорівнює 14,56 мг/л, при  $t=18\text{ }^{\circ}\text{C}$  – 9,45 мг/л. Від вмісту кисню залежить життя водних організмів, що використовують його для дихання, інтенсивність процесів окислення та розкладання органічних решток, самоочищення водойм.

Забруднення водойм органічними речовинами та сполуками, здатними окислюватися, значно погіршує їх стан щодо забезпеченості води киснем, тому досить важливо визначення його концентрації у воді. У разі нестачі кисню відбуваються процеси гниття органічних залишків з виділенням у воду аміаку та інших речовин, отруйних для гідробіонтів. Виникають гіпоксичні умови, які непридатні для життя більшості мешканців водойм. Це свідчить про забруднення води.

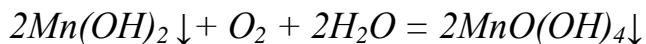
З іншого боку, у воді, що використовується в паросиловому господарстві, не повинно бути кисню, оскільки він викликає корозію металічної апаратури, особливо за умов підвищення температури та тиску. Підсилення корозії пояснюється явищем кисневої деполяризації, що виникає в результаті процесів гальванокорозії. В присутності кисню у воді активізується робота будь-якої гальванопари. Наприклад, у парі Fe/Си на аноді окислюється залізо, як більш активний метал, а на катоді окисником виступає кисень.

Для визначення кисню у воді використовують метод йодометричного титрування, що базується на реакціях окислення в лужному середовищі солей

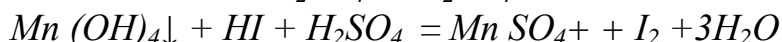
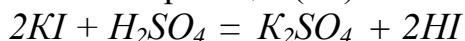
двовалентного марганцю розчиненим киснем:



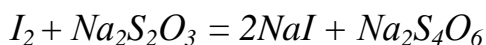
Гідроксид марганцю (II) (осад білого кольору) – нестійка сполука, легко окислюється розчиненим у воді киснем до гідроксиду марганцю (IV)  $\text{Mn(OH)}_4$  бурого кольору.



Осаду дають зібратися на дні склянки, підкислюють розчин сірчаною кислотою і вводять надлишок йодиду калію. За таких умов виділяється йод, кількість якого еквівалентна кількості марганцю (IV):



Вільний йод, що виділяється, відтитровують тіосульфатом натрію в присутності крохмалю.



Згідно з законом еквівалентів кількість  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , витрачена на титрування, еквівалентна кількості вільного йоду.

Такий метод визначення називають посереднім йодометричним визначенням. Цим методом можна визначити більше 0.05 мг/л розчиненого у воді кисню. Визначенню перешкоджають окисники, що реагують з  $\text{KI}$  (хлор, нітрити, ферум (III), тощо) та відновники, які взаємодіють з виділеним йодом (сульфіти, тіосульфати, деякі органічні сполуки).

**Обладнання та реактиви:** Колби з притертими пробками на 200-250 мл (попередньо точно визначити об'єм колби); мірна колба місткістю 1000 мл; конічні колби для титрування; піпетки; 0,1 М розчин сульфату або хлориду марганцю (II); лужний розчин йодиду калію з масовою долею 15 %, сірчана кислота розведена (1:4); 0,025 М розчин тіосульфату натрію ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ); крохмаль, 0,5 % розчин.

### Хід роботи

Колбу з притертою пробкою наповнити доверху пробою води. Відкрити пробку і внести піпетками, занурюючи їх до дна склянки, по 1 мл насиченого розчину сульфату або хлориду марганцю та 15 % лужного розчину  $\text{KI}$ . Закрити склянку пробкою (частина рідини виливається). Обережно перевернути склянку кілька разів до утворення пластівчастого осаду. Бурий осад  $\text{Mn(OH)}_4$  розчинити додаванням 1–3 мл розчину сірчаної кислоти (частина прозорої рідини знову виливається). Перемішати розчин до зникнення бурого осаду і перелити у чисту конічну колбу місткістю 500 мл. Сполоснути колбу дистильованою водою і промивну рідину також залити в конус. Відтитрувати вільний йод, що утворився, розчином тіосульфату натрію в присутності 1 мл розчину крохмалю до зникнення синього забарвлення. Крохмаль слід додавати після того, коли розчин набуває солом'яно-жовтого кольору.

### Оформлення результатів роботи

Записати рівняння реакцій, які відбуваються в розчині. Записати отримані результати титрування. Розрахувати вміст розчиненого у воді кисню (мг/л) за формулою:

$$X = V \times C \times 8 \times 1000 / (V_1 - V_2), \text{ мг/л,}$$

де  $V$  – об'єм розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , що пішов на титрування, мл;

$C$  – концентрація розчину  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ;

$8$  – молярна маса окисного еквіваленту кисню, г/моль;

$V_1$  – об'єм колби, мл;

$V_2$  – об'єм долитих у колбу реактивів, мл;

$1000$  – перехідний коефіцієнт від г до мг.

### ***Контрольні запитання і завдання:***

1. Як впливає температура на вміст кисню в природних водоймах?
2. Назвіть хімічні та біологічні процеси, інтенсивність яких залежить від вмісту кисню у воді.
3. Які чинники сприяють насиченню річкової води киснем?

## **ЕКОЛОГІЯ ЛЮДИНИ. БІОЛОГІЧНІ І СОЦІАЛЬНІ АСПЕКТИ**

### ***Лабораторна робота № 18. НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ І ЕТИЧНІ НОРМИ***

Подальше прискорення темпів зростання науково-технічного прогресу обумовлено зростаючими потребами суспільства і виробництва. Чим вищий історичний етап розвитку суспільства, тим більшою мірою стан природного середовища детермінується цілепокладаючою людською діяльністю. Природа Землі під натиском людської діяльності в ХХІ столітті опинилася на межі екологічної катастрофи. Екологія набула особливого значення як наукова основа раціонального природокористування й охорони живого світу нашої планети. Вона дає загальне уявлення про причини виникнення, масштаби, можливі трагічні наслідки та шляхи подолання сучасної кризи у взаємовідносинах між людським суспільством та навколишнім середовищем, знайомить з основами комплексної науки про екосистеми, вивчає шляхи гармонізації взаємодії суспільства та природи, а також вплив чинників довкілля на здоров'я людини.

Екологічна безграмотність людства стає загрозою для самого його існування на планеті Земля. В результаті антропогенного забруднення відбуваються глобальні зміни навколишнього середовища, тому і умови проживання людини також стрімко змінюються. Згадаємо сучасне положення справ: антропогенне забруднення, глобальне потепління клімату, озонові діри тощо. Подальший розвиток людства призведе до краху земної цивілізації. Такий вердикт був винесений Конференцією ООН по навколишньому середовищу та розвитку в Ріо-де-Жанейро (1992).

Водночас, на початку ХХІ століття загальні закономірності функціонування організму людини розглядаються без врахування його реакції на зміни довкілля. Тому задачі екології, як науки, не обмежуються вивченням навколишнього середовища та його змін, але й включають в себе формування екологічного кругозору, який полягає у розумінні пріоритетності незруйнованого природного середовища; у економному, бережливому ставленні не лише до природних об'єктів,



але й до продуктів людської діяльності, в яких так чи інакше опосередковані природні ресурси; у підпорядкуванні особистих інтересів загальнолюдським.

### Порядок виконання роботи

Сучасна екологічна ситуація складалася стихійно в ході діяльності людей, спрямованої на задоволення власних потреб. Людина досягла висот сучасної цивілізації завдяки тому, що постійно змінювала природу у відповідності зі своїми цілями. Люди досягали цілей, на які розраховували, але одержували наслідки, яких не чекали.

#### Завдання 1.

Прочитайте запитання анкети і висловіть власну думку відносно приведених нижче тверджень.

#### Тест на визначення власного ставлення до навколишнього середовища (К. Байєр та ін., 1997)

№ п/п	Твердження	Кількість балів		
		не згодний	важко відпов.	згодн.
1	Людство має право на комфортне життя, навіть якщо його діяльність, спрямована на досягнення цієї мети, веде до забруднення довкілля	1	2	3
2	Кожна людина може мати стільки товарів і послуг, за скільки вона в змозі заплатити	1	2	3
3	Прибуток корпорацій важливіший за контроль над відходами виробництва цих організацій	1	2	3
4	Для виробничих підприємств допустимо скидання відходів у річки, якщо встановлення очисного устаткування коштує досить дорого	1	2	3
5	Право приватної власності стоїть понад проблемами суспільства та навколишнього середовища	1	2	3
6	Успіх визначається виробництвом і вживанням матеріальних благ	1	2	3
7	Як громадянин я маю гарантоване право на всі блага, які побажаю, зараз чи в майбутньому навіть за рахунок інших людей на Землі	1	2	3
8	Як житель країни я маю право рахувати зручності необхідністю	1	2	3

#### Інтерпретація результатів

- 8 – 12 – правильне (адекватне) ставлення до навколишнього середовища;
- 13– 20 – неправильне (неадекватне) ставлення до навколишнього середовища;
- 21 – 24 – споживче ставлення до навколишнього середовища.

Підрахуйте загальну кількість балів та запишіть висновки:

Посильний внесок кожного жителя планети дуже важливий для збереження навколишнього середовища. 29 червня 2000 року в Палаці миру в Гаазі відбулася презентація документу, схваленого ЮНЕСКО, який повинен відіграти консолідуючу роль для усіх народів Землі у справі врятування нашої планети, збереження людини як біологічного виду та біосфери. Хартія Землі (Декларація прав Землі) спрямована на пробудження в кожній людині нове почуття взаємозалежності і загальної відповідальності за процвітання людства і всієї живої спільноти.

### **Завдання 2.**

Складіть і запишіть власний екологічний кодекс правил поведінки на природі в лісі, парку, на річці і т.д. (7–10 пунктів). Наведіть приклади негативних наслідків для природи при невиконанні правил екологічної поведінки

### ***Контрольні запитання і завдання***

- 1. Ознайомтеся з основними положеннями Хартії Землі. Скільки принципів в ній викладено?*
- 2. Сформулюйте критерії розумного суміщення споживчого ставлення до природи та екологічного світогляду. Докажіть необхідність і можливість подібного співіснування*
- 3. В чому полягає провідна роль екологічної освіти?*
- 4. Фундаментальна основа екологічного світогляду – моральність. Чому? Обґрунтуйте це твердження на відомих прикладах із історії взаємовідносин суспільства і природи*

## Варіант 1

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Марганець	0,001	2	0,001016
2	Свинець	0,0003	1	0,000099
3	Азоту діоксид	0,04	2	1,448916
4	Азоту оксид	0,06	3	7,416198
5	Ангідрит сірчастий	0,05	3	0,007906
6	Вуглецю оксид	3,0	4	0,628410

## Варіант 2

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Толуол	0,6	3	0,272330
2	Циклогексан	1,4	4	0,35084
3	Ксилол	0,2	3	0,002200
4	Дибромбензол	0,2	2	0,007490
5	Дихлоретан	1,0	2	0,003860
6	Метилен хлористий	8,8	4	0,0777

## Варіант 3

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Етилацетат	0,1	4	0,0018
2	Диметилформамід	0,03	2	0,052941
3	Бензин	1,5	4	0,009120
4	Скипидар	1,0	2	0,3633
5	Пил, що містить SiO <sub>2</sub> 70 %	0,05	3	0,01180
6	Бенз(а)пирен	0,0000001	1	0,000084

## Варіант 4

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Алюмінію оксид	0,01	1	0,000054
2	Гідроксид натрію	0,01	2	0,00067
3	Кислота фосфорна	0,02	1	0,000035
4	Бензин хлористий	0,05	1	0,00336
5	Пил абразивний	0,04	1	0,005122
6	Пил деревний	0,1	1	0,1570

Варіант 5

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Толуол	0,6	3	0,272330
2	Циклоксаген	1,4	4	0,35084
3	Ксилол	0,2	3	0,002200
4	Дибромбензол	0,2	2	0,007490
5	Хлорбензол	0,1	3	0,0058
6	Спирт бутиловий	0,1	3	0,001820

Варіант 6

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Діоксид азоту	0,085	2	1,3945
2	Аміак	0,2	4	0,0478
3	Оксид азоту	0,4	3	0,8906
4	Сажа	0,15	3	0,0005
5	Діоксид сірки	0,5	3	0,1149
6	Оксид вуглецю	5,0	4	43,0043

Варіант 7

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Гексан	60	4	0,0038
2	Толуол	0,6	3	0,329
3	Олія мінеральна	0,05	3	0,0038
4	Уайт-спірит	1,0	4	0,4260
5	Вуглеводні граничні	1,0	4	1,0847
6	Барвистий аерозоль	0,5	3	0,4206

Варіант 8

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Оксид заліза	0,04	3	0,1410
2	Діоксид марганцю	0,001	2	0,0004
3	Оксид азоту	0,04	2	1,3945
4	Оксид азоту	0,06	3	0,8906
5	Оксид вуглецю	3,0	4	45,0044
6	Ацетон	0,035	4	0,0027

Варіант 9

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Пил	0,5	3	388,7
2	Сірчастий ангідрид	0,5	3	2494,8
3	Окис вуглецю	5	4	646,8
4	Бензапирен	0,000001	1	0,000362
5	Окисли свинцю	0,0003	1	0,0086
6	Окисли цинку	0,05	3	0,0098

Варіант 10

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Сажа	0,05	3	0,005
2	Вуглеводні граничні	1,0	4	0,4206
3	Діоксид сірки	0,05	3	0,1149
4	ПСК 20 %	0,15	3	0,0754
5	Уайт-спірит	1,0	4	0,8947
6	Пил гумовий	0,1	3	0,0829

Варіант 11

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Марганець	0,001	2	0,001016
2	Свинець	0,0003	1	0,000099
3	Азоту діоксид	0,04	2	1,448916
4	Алюмінію оксид	0,01	1	0,000054
5	Спирт бутиловий	0,1	3	0,0066
6	Спирт етиловий	5,0	4	0,0111

Варіант 12

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Азоту оксид	0,06	3	7,416198
2	Водень хлористий	0,2	2	0,162409
3	Кислота сірчана	0,1	2	0,013563
4	Сажа	0,05	3	0,005366
5	Спирт метиловий	0,5	1	0,00057
6	Етиленгліколь	1,0	1	0,003

Варіант 13

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Ангідрид сірчастий	0,05	3	0,007906
2	Вуглецю оксид	3,0	4	0,628410
3	Гексан	60	4	0,057388
4	Бензол	0,1	4	0,017682
5	Стирол	0,002	2	0,01
6	Вуглеводні граничні	1,0	4	1,0847

Варіант 14

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Толуол	0,6	3	0,272330
2	Циклогексан	1,4	4	0,35084
3	Ксилол	0,2	3	0,002200
4	Дибромбензол	0,2	2	0,007490
5	Дихлоретан	1,0	2	0,003860
6	Діоксид азоту	0,04	2	1,3945

Варіант 15

№ п/п	Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	$M_i$ , т/рік
1	Дибромбензол	0,2	2	0,007490
2	Дихлоретан	1,0	2	0,003860
3	Аміак	0,04	4	0,478
4	Оксид азоту	0,06	3	0,8906
5	Водню хлорид	2	4	0,0106
6	Оксид вуглецю	3,0	4	45,0044

## Список літератури

1. Васильев В.П., Морозова Р.П., Кочергина Л.А., Аналитическая химия Лабораторний практикум – М., ДРОФА, 2006 .
2. Зверев А.Т. Экология. Практикум. / М.: ОНИКС 21 век, 2004, 176 с.
3. Коновалова О. О., Андрейко Г. П. Основи екології людини та суспільства. Екологічна валеологія. / Харків: вид-во ХНУ імені В.Н.Каразіна, 2006. – 40 с.
4. Основи екології / О. В. Солошенко, А. М. Фесенко, С. І. Кочетові, Н. Ю. Гаврилович, Л. С. Осипова, В. І Солошенко; за ред.. О. В. Солошенка. / Харків: Парус<sup>TM</sup>, 2008. – 371 с.
5. Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю: Основи екології: Підручник / К.: Либідь, 2004. – 408 с.
6. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології: Теорія та практикум. / К.: Лібра, 2002. – 352 с.
7. Бойчук Ю. Д., Шульга М. В., Цалін Д. С., Дем'яненко В. І. Основи екології та екологічного права/ Навчальний посібник. – Суми: ВТД „Університетська книга”, 2004. – .352 с.
8. Коробкин В. И., Передельский Л. В. Экология / Ростов-на-Дону: «Феникс», 2003. – 576 с.
9. Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля. / К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 360 с.
10. Курова Т. І., Сухорукова Л. С. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Хімія води». / Харків: Видавництво ХДТУБА, 2000. – 56 с.
11. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші і естуаріїв України. / К.: Мінекобезпеки, 2001. – 48 с.
12. Набиванець Б. И. Аналітична хімія природного середовища. / К.: Либідь, 1995. – 304 с.
13. ОНД–86. Методика расчета в атмосферном воздухе концентраций вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. / М.: Госгидромет, 1987.
14. Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами. / К.: Державний комітет УРСР з охорони природи, 1988. – 32 с.
15. М. С. Гончаренко, Ю. Д. Бойчук. Екологія людини. / Суми: ВТД»Університетська книга»; К.: Вид. дім «Княгиня Ольга», 2005. – 394 с.
16. Джигирей В.С., Сторожук В.М., Яцюк Р.А. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища / Екологія та охорона природи/: Підручник. – Вид. 3-те. – Львів. Афіша, 2001 – 272 с.
17. Злобін Ю. А. Основи екології. / К.: „Лібра”, 1998. – 248 с.
18. Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля. / К.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 360 с.
19. Одум Ю. Экология. В 2-х кн. / М.: Мир, 1986.

20. Федорова А. И. Никольская А. Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. / М.: Гуманит. Изд. Центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
21. Хижняк М.І., Нагорна А.М. Здоров'я людини та екологія Навчальний посібник. К.: „Здоров'я”, 1995. – 232 с.
22. Экологический мониторинг. Уч. пособие для вузов / под. ред.. Ашихминой Т. Я./ М.: Академ. проект, 2006, 416 с.
23. М.О. Клименко, А.М. Прищепа, Н.М. Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: Підручник. / К.: Вид. центр «Академія», 2006. 360 с.
24. Р. І. Назарова, О. М. Коновалов, Т.В. Догадіна та ін. Фізико-хімічні та біологічні методи вивчення довкілля Навч. посібник / Харків Міськдрук, 2010, 418 с.
25. Н. А. Виноград, Е. П. Каюкова, А. Н. Павлов, В. Реш, Н. И. Сумина Методы комплексной оценки качества подземных и поверхностных вод (Практическая экология водных ресурсов): Учебное пособие. / СПб.: ВВМ, 2006. – 136 с.